

Rec'd PCT/PTO 01 FEB 2005

10/522887

PCT/JP03/09836

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 10 OCT 2003

WIPO 090903

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年 8月 1日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-225043  
[ST. 10/C]: [JP2002-225043]

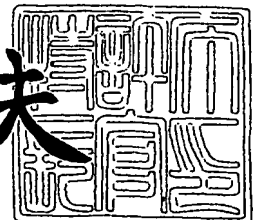
出 願 人  
Applicant(s): 日亜化学工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 182074

【提出日】 平成14年 8月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

    【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内

    【氏名】 楠瀬 健

【発明者】

    【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0 日亜化学工業株式会社内

    【氏名】 坂本 貴彦

【特許出願人】

    【識別番号】 000226057

    【住所又は居所】 徳島県阿南市上中町岡 4 9 1 番地 1 0 0

    【氏名又は名称】 日亜化学工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100074354

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 豊栖 康弘

【代理人】

    【識別番号】 100091465

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 石井 久夫

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 010526

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0118100

【包括委任状番号】 9714020

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、n 型半導体層、活性層及び p 型半導体層が積層されてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、

上記積層部の側面は、上記 n 型半導体層の表面を含む傾斜面であり、その n 型半導体層の表面に n 電極が形成されたことを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項 2】 上記 n 電極は上記積層部を囲むように形成された請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 3】 上記 n 電極を上記基板の側面から上記基板の下面にも連続して形成した請求項 1 又は 2 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】 上記積層部を円形とした請求項 1～3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】 上記積層部を六角形とした請求項 1～3 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】 上記発光領域となる積層部を複数形成した請求項 1～5 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】 上記各積層部に形成された n 電極は、互いに接続された共通電極として形成された請求項 6 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 8】 上記各積層部において形成された上記 p 型半導体層とオーミック接触する p 側オーミック電極が互いに接続された請求項 7 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 9】 上記積層部を覆うように反射層を形成した請求項 1, 2, 4～8 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 10】 上記反射層は上記積層部を覆うように絶縁膜を介して金属層を形成することにより形成された請求項 9 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 11】 上記金属層は、上記積層部の p 型半導体層にそれぞれ形成された p オーミック電極を接続する接続電極である請求項 10 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 12】 上記反射層は誘電体多層膜からなる請求項 9 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 13】 上記傾斜側面は、外側に膨らんだ凸曲面である請求項 1～12 のうちのいずれか 1 つに記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光素子、特に窒化物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、窒化ガリウム系化合物半導体を用いた発光ダイオードが、紫外域、青色等の比較的短い波長域を中心に広く用いられるようになって来ている。この窒化ガリウム系化合物半導体は直接遷移であり発光効率が高いことからその適用範囲が拡大している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、窒化ガリウム系化合物半導体は通常、絶縁基板であるサファイア基板の上に成長されることに起因して、従来の窒化物半導体発光素子には以下のような課題があった。

第 1 に、サファイア基板が絶縁体であるために、n 側の電極と p 側の電極をいずれも、サファイア基板上の窒化ガリウム半導体の上に形成する必要がある、特に n 側の電極部分は、非発光領域となり、発光領域から生じた光が、Ga<sub>2</sub>N 層を横方向に伝播する際の多重反射により吸収され、取り出し効率を低下させるという問題点があった。

第 2 に、発光した光は基板面に対して通常は垂直方向に取り出すように構成されるが、発光ダイオードの側面から出射される光の割合が比較的高く、発光した光を効果的に利用することができないという問題があった。

【0004】

そこで、本発明は、n 側電極下部での多重反射をなくし、n 側の電極による吸

収を低減し、取り出し効率の高い窒化物半導体発光素子を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は発光した光を効果的に利用することができる窒化物半導体発光素子を提供することを第2の目的とする。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

以上の従来の問題点を解決するために、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、基板上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層が積層されてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、

上記積層部の側面は、上記n型半導体層の表面を含む傾斜面であり、そのn型半導体層の表面にn電極が形成されたことを特徴とする。

以上のように構成された窒化物半導体発光素子は、光の出射効率を高くできる。

#### 【0006】

本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記n電極は上記積層部を囲むように形成されていることが好ましい。

#### 【0007】

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記n電極を上記基板の側面から上記基板の下面にも連続して形成することができる。このようにすると、p側オーミック電極を透光性電極としてその透光性電極を介して光を出射させる場合に、上記基板の側面及び上記基板の下面で反射した光も透光性電極を介して出力できるので、光の取り出し効率を高くできる。

#### 【0008】

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子では、上記発光領域となる積層部を複数形成することもでき、これにより、大面積でかつ発光効率の高い窒化物半導体発光素子を構成できる。

#### 【0009】

上記積層部を複数形成した窒化物半導体発光素子では、上記各積層部に形成されたn電極を互いに接続して共通電極として形成することができる。

これにより、上記発光領域である積層部を容易に並列接続することが可能となる。

また、上記積層部を複数形成した窒化物半導体発光素子では、上記 n 電極を互いに接続して共通電極として形成するとともに、上記各積層部において形成された上記 p 型半導体層とオーミック接触する p 側オーミック電極を互いに接続することもできる。

これにより、上記発光領域である積層部が素子上で並列接続された窒化物半導体発光素子を提供できる。

#### 【0010】

また、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、基板側から光を出力するように構成する場合には、光の出射効率を高くするために、上記積層部を覆うように反射層を形成することが好ましい。

#### 【0011】

また、上記窒化物半導体発光素子において、上記金属層は、上記積層部の p 型半導体層にそれぞれ形成された p オーミック電極を接続する接続電極により構成することができる。

#### 【0012】

本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記反射層は上記積層部を覆うように絶縁膜を介して金属層を形成することにより形成してもよいし、誘電体多層膜により構成するようにしても良い。

#### 【0013】

本発明に係る窒化物半導体発光素子において、上記傾斜側面は、外側に膨らんだ凸曲面とすることもできる。

#### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態の窒化物半導体発光素子について説明する。

#### 実施の形態 1.

本発明に係る実施の形態 1 の窒化物半導体発光素子は、図 1 及び図 2 に示すよ

うに、発光領域を構成する積層部 10 の側面を内側に傾斜した傾斜面 10a とし、その傾斜面 10a に露出した n 型コンタクト層 12 とオーミック接触するように n 電極 21 を形成することにより構成されている。

#### 【0015】

実施の形態 1 の窒化物半導体発光素子において、積層部 10 は、図 2 に示すように、サファイア基板 1 上に、バッファ層 11、n 型コンタクト層 12、n 型クラッド層 13、発光層 14、p 型クラッド層 15 及び p 型コンタクト層 16 を順次成長させて積層構造を形成し、図 1 に示す平面形状（略矩形形状において、1 つの隅部が円弧状に切り欠かれた形状）になるようにエッチングすることにより形成される。

#### 【0016】

積層部 10 を構成する各層は例えば次のようなもので形成する。

バッファ層 11：400℃～600℃の低温で成長された GaN 又は AlGa  
N 層、

n 型コンタクト層 12：Si ドープの GaN（例えば、厚さ 6  $\mu\text{m}$ ）、

n 型クラッド層 13：n 型 AlGa  
N、

発光層 14：ノンドープの InGa  
N 井戸層を含む（例えば、厚さ約 30  $\text{\AA}$ ）  
単一又は多重量子井戸構造、

p 型クラッド層 15：p 型 AlGa  
N、

p 型コンタクト層 16：Mg がドープされた GaN（例えば、厚さ約 1200  $\text{\AA}$ ）。

#### 【0017】

また、本実施の形態 1 において、積層部 10 を形成するためのエッチングは、サファイアの表面が露出するまで行い、積層部 10 が円弧状に切り欠かれた 1 つの隅部に n 電極 21 を形成するためにサファイア基板表面を露出させる。尚、本実施の形態 1 では、n 電極 21 を形成するために露出されたサファイア基板の表面と連続して積層部 10 の周りを取り囲むようにサファイア基板の表面が露出される。

#### 【0018】



本実施の形態1において、n電極21は、図1及び図2に示すように、積層部10の1つの隅部に露出させたサファイヤ基板1の表面から積層部10の傾斜面10aに互って連続して形成し、傾斜面10aに露出したn型コンタクト層12とオーミック接触する。

また、p側の電極は全面電極31とpパッド電極32とからなり、全面電極31は積層部10の最上層に位置するp型コンタクト層16の表面のほぼ全面に形成され、pパッド電極32は全面電極31上のn側電極21と対角をなす位置（他方の隅部）に形成される。

#### 【0019】

以上のように構成された実施の形態1の窒化物半導体発光素子は、n電極21による光の吸収を極めて少なくできるので、効率良く光を出力できる。

すなわち、図21に示す従来の構造では、基板1とn電極521の間に存在するn型コンタクト層512に発光領域で発光した光が漏れ出して導波し、基板1の上面とn電極121の裏面により繰り返して反射される間に（図21において、Y100の符号を付して模式的に示す）、大部分の光がn電極121によって吸収されて結局外部に取り出すことができないという問題があった。しかしながら、本発明では、傾斜側面10aに露出されたn型コンタクト層12の表面でn電極をオーミック接触させることにより、n型コンタクト層12において光が導波する部分を無くし（図2において、Y1の符号を付して模式的に示す）、従来の問題点を解決している。

また、発光した光を基板側から出射させる場合に、積層部10の傾斜側面10aで反射した光も基板を介して出力することができ、出射効率を向上させることができる。

#### 【0020】

また、発光した光を基板側から出射させる場合に、傾斜側面10aで効果的に反射させるためには、傾斜側面10aには通常SiO<sub>2</sub>保護膜が形成されていることを考慮すると、傾斜側面10aの傾斜角 $\alpha$ を60度以下に設定することが好ましく、45度以下に設定することがより好ましい。

この傾斜角 $\alpha$ は本明細書では、図22に示すように定義し、その好ましい範囲

は、臨界角  $\theta_c$  が  $\sin \theta_c = n_S / n_G$  ( $n_G$ : 活性層の屈折率、 $n_S$ : SiO<sub>2</sub> 保護膜の屈折率) で与えられることから、求めることができる。

例えば、波長 380 nm の光を発光する素子の場合、波長 380 nm の光に対する  $Al_xGa_{1-x}N$  の屈折率は、 $x$  の値が 1 ~ 0 の範囲であるとする 2.15 ~ 2.80 である。この時、臨界角  $\theta_c$  が最も小さくなるのは、屈折率が 2.80 の場合であり、この時の臨界角  $\theta_c$  は約 30° である。

従って、臨界角  $\theta_c$  を 30° 以上、すなわち、傾斜角  $\alpha$  を 60° 以下に設定すると、少なくとも半導体層に平行に伝播される最も強い光は全反射されることになる。

以上のように傾斜角  $\alpha$  を 60° 以下に設定すると半導体層と平行に伝播される最も強い光は全反射されて取り出し効率を向上させることができる。しかしながら、層内を伝播される光には半導体層に平行でない光もあり、それらも効果的に全反射させるためには、傾斜角  $\alpha$  を 45 度以下に設定することがさらに好ましい。

また、傾斜側面 10a に n 電極を形成することを考慮した場合における、傾斜側面 10a の傾斜長 L の上から見た投影長 W は、10  $\mu$ m 以上であることが好ましい。

#### 【0021】

以上の説明では、1 つの隅部において、n 電極 21 と n 型コンタクト層 12 とがオーミック接触するように形成した例について説明したが、本実施の形態 1 では、図 3 及び図 4 に示すように、n 電極 22 は積層部 10 を囲むように形成することが好ましい。このようにすると、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

#### 【0022】

実施の形態 2.

本発明に係る実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子は、図 5 に示すように、発光領域を構成する積層部 110 の形状を円形にしたものである。本実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子において、n 電極 23 が積層部 110 の内側に傾斜した側面である傾斜面 110a に露出した n 型コンタクト層 12 とオーミック接触す

るように形成されている点は、実施の形態 1 と同様である。

#### 【0023】

また、実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子において、積層部 110 の積層構造（半導体層の構成）は実施の形態 1 の発光素子と同様であり、積層部 110 を形成するためのエッチングは、サファイヤの表面が露出するまで行う。

実施の形態 2 において、p 側の電極は全面電極 33 と p パッド電極 34 とからなり、全面電極 33 は積層部 110 の最上層に位置する p 型コンタクト層 16 の円形表面のほぼ全面に形成され、p パッド電極 34 は全面電極 33 中央部に形成される。

ここで、全面電極 33、p パッド電極 34 及び円形の積層部 110 は中心が一致するように同心円状に形成される。

#### 【0024】

以上のように構成された実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子は、実施の形態 1 の発光素子と同様の作用効果を有する。

すなわち、n 電極 23 による光の吸収を極めて少なくでき、効率良く光を出力できるとともに、積層部 110 の傾斜側面 110a で反射した光も基板を介して出力することができ、出射効率を向上させることができる。

さらに、本実施の形態 2 では、図 5 から明らかなように、n 電極 23 は積層部 110 を囲むように形成しているので、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

#### 【0025】

実施の形態 3.

本発明に係る実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子は、図 6、図 7 に示すように、発光領域を構成する積層部 110 の形状を円形にしたものであるが、本実施の形態 2 の窒化物半導体発光素子とは、以下の点が異なる。

すなわち、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、p 型コンタクト層の表面に透光性を有する透光性オーミック電極 33a を形成し、その上に p パッド電極 34 を形成している。

また、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、図 7 に示すように、傾斜側

面 110a で n 型コンタクト層とオーミック接触する n 電極 24 を基板 1 の側面及び裏面に連続して形成している。

この実施の形態 3 において、透光性オーミック電極 33a と n 電極 24 以外は、実施の形態 2 と同様に構成される。

#### 【0026】

以上のように構成された実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子は、積層部 110 で発光した光を透光性オーミック電極 33a を介して出力することができ、以下のような効果を有する。

すなわち、n 電極 24 による光の吸収を極めて少なくでき、効率良く光を出力でき、基板の側面及び裏面に形成された n 電極 24 により光を反射して透光性オーミック電極 33a を介して出力できるので、出射効率を向上させることができる。

また、本実施の形態 3 では、図 6 から明らかなように、n 電極 24 を積層部 110 を囲むように形成しているので、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

#### 【0027】

以上の実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、n 電極 24 により基板全体が覆われるように構成したが、本発明はこれに限られるものではなく、図 8 に示すように、n 電極 25 と基板 1 を覆う電極 26 とを別の金属で構成してもよい。

以上のように構成しても実施の形態 3 と同様の作用効果が得られ、さらに以下のような効果がある。

すなわち、n 電極 25 は n 型コンタクト層と良好なオーミック接触が得られる金属から選択して構成し、基板 1 を覆う電極 26 には、その機能に応じて適切な金属材料を選択して構成することができる。

具体的には、基板 1 の裏面をはんだ付けにより実装する場合には、電極 26 の材料としてはんだ耐熱性の優れた材料を選択したり、光の反射を重視する場合には反射率の高い金属を選択して用いることができる。

#### 【0028】

実施の形態 4.

本発明に係る実施の形態 4 の窒化物半導体発光素子は、図 9 に示すように、発光領域を構成する積層部 111 の形状を矩形にしたものである。

すなわち、実施の形態 3 の窒化物半導体発光素子では、p 型コンタクト層の表面に全面電極 35 を形成し、その上に p パッド電極 36 を形成している。

また、図 9 に示すように、矩形の積層部 111 の傾斜側面 111a で n 型コンタクト層とオーミック接触する n 電極 27 を基板の表面と n 型コンタクト層（傾斜側面 111a に露出したもの）とに互って形成している。

尚、実施の形態 4 において、積層部の積層構造は実施の形態 1～3 と同様に構成される。

#### 【0029】

以上のように構成された実施の形態 4 の窒化物半導体発光素子は、実施の形態 1～3 と同様の作用効果を有する。

また、図 9 の窒化物半導体発光素子では、n 電極 27 は積層部 111 の一辺で n コンタクト層に接触するように形成したが、本実施の形態 4 では、図 10 に示すように、積層部 111 の外周全体で n コンタクト層とオーミック接触するように n 電極 28 を形成することもでき、これにより、発光領域全体に均一に電流を注入することができ、効率良く発光させることができる。

#### 【0030】

実施の形態 5.

実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子は、図 11、図 12 に示すように、複数（図 11、12 では 18 個）の積層部 210 を備えた発光面積の大きい発光素子であって、素子全体の面積に占める発光領域の面積を大きくでき、発光領域全体を均一に発光させることができるという特徴を有する。

図 11 は主として n 電極 221 の形態を示すために、p 側ボンディング電極 251 及び p 側接続電極 261 を省いて示す平面図であり、図 12 は p 側ボンディング電極 251 及び p 側接続電極 261 を省略せずに示す平面図である。また、図 13 は、図 12 の D-D' 線についての断面図である。

#### 【0031】

このように、発光領域を複数の部分に分割して形成するのは、大面積の発光領

域を分割することなく1つの大きな領域として形成した場合に生じる、電極から離れた部分で電流が低下して発光効率が悪くなるという問題を解決するためである。しかしながら、発光領域を複数の部分に分割して形成した場合には、各発光領域間を接続する電極面積が大きくなり、いかにして発光領域の面積を確保するかが課題となる。また、図21に示す構造の従来の素子を複数個並べた場合には、n型コンタクト層を光が導波して反射を繰り返すうちにn電極により吸収される光により発光効率が低下する。しかしながら、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、第1に各積層部の傾斜した側面にn型コンタクト層とオーミック接触するn電極を形成することにより、n電極が必要とする面積を小さくして発光領域の面積を確保し、かつn電極による光の吸収を防止している。

#### 【0032】

また、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、p側の全面電極による吸収も従来例に比較して抑えることができる。

すなわち、大面積の発光領域を分割することなく1つの大きな領域として形成した従来例では、図23(b)に示すように、臨界角以上でp側の全面電極に入射された光は、p側の全面電極731と、基板1と半導体層との間の境界の間で反射を繰り返すうちに、かなりの部分がp側の全面電極により吸収される。

また、発光領域を複数の部分に分割して形成した場合であっても、分割された発光領域が傾斜した側面を有していない場合には、図23(c)に示すように、臨界角以上でp側の全面電極731に入射された光が基板に略垂直な側面から出射されて隣接する発光領域に再入射される確率が高くなる。そのためにp側の全面電極により吸収される率が高くなる。

これに対して、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子は、各発光領域が傾斜側面を有しているので、基板側から発光させる場合には、図23(a)においてA2の符号を付して示す光のように、また、電極側から発光させる場合には、図23(a)においてA3の符号を付して示す光のように、隣接する発光領域に再入射されることなく（隣接する発光領域に再入射される確率を低くできる）、外部に出射される。これにより、p側の全面電極31で吸収される率を低くできる。

## 【0033】

また、実施の形態5の窒化物半導体発光素子では、発光領域を構成する積層部210の形状を六角形とし、その複数の積層部210は積層部間の面積が最も小さくなるように配列される(図11, 12)。本実施の形態5において、隣接する積層部210間は基板の表面までエッチングされており(図13)、複数の積層部210はそれぞれ完全に分離されている。尚、隣接する積層部210間の間隔は、例えば、 $10\mu\text{m}$ に設定される。

また、実施の形態5において、各積層部210の側面は、実施の形態1等と同様に全て傾斜面210aであり、その傾斜面210aに露出されたn型コンタクト層にオーミック接触するようにn電極221が形成される。

実施の形態5において、n電極221は図11に示すように全ての積層部210を取り囲むように一体として形成される。

## 【0034】

実施の形態5において、各積層部210のp型コンタクト層のほぼ全面に全面電極231が形成され、その中央部にpパッド電極232が形成される。そして、pパッド電極232上に開口部を有する絶縁膜271が素子全体を覆うように形成され、その絶縁膜271上にpパッド電極232を互いに接続する接続電極261(一端がp側ボンディング部に接続)が形成される。尚、絶縁膜271はn電極221のうちボンディング部241を開口させる開口部も有している。

## 【0035】

以上のように構成された実施の形態5の窒化物半導体発光素子は、発光領域である積層部210の形状を六角形とし、その積層部210間の面積が最も小さくなるように配列し、かつ各積層部210の傾斜した傾斜側面にn電極を形成することにより、発光領域の面積が大きくなるように構成している。

これにより、発光領域を効果的に発光させることができる適切な大きさの複数の部分に分割し、かつn電極を形成するために必要となる面積を抑制することが可能となる。従って、発光領域の面積を低下させることなく、かつ各発光領域を効率よく発光させることができ、高い輝度を有する大面積の発光素子を構成できる。

## 【0036】

実施の形態5の窒化物半導体発光素子は、基板側から光を出射するようにしても良いし、全面電極231を透明電極とすることにより半導体側から光を出射するようにしても良い。いずれの場合についても、発光層で発光した光は基板側とp型半導体側の両方に伝播されるので、出射側とは反対側に反射膜を形成することが好ましく、これにより出射効率を向上させることができる。

## 【0037】

図14は、本実施の形態5の窒化物半導体発光素子において、接続電極261間を更に接続する第2接続電極262を形成したものである。この第2接続電極262はp側ボンディング部251から離れた位置にある積層部210における電流注入量が低下するのを防止するために形成するものであり、各積層部の発光強度を均一化するものである。

しかしながら、半導体層側から光を出射させる場合には、この第2接続電極262が光を遮ることになるので、本構成は基板側から光を出射する場合に特に適している。

## 【0038】

図15は、半導体層側から光を出射させる場合に適した接続電極の例を示すものである。本例では、p側ボンディング部251に接続された第1接続電極263を積層部210の間のn電極上に絶縁膜を介してn電極と導通しないようにして形成する。この第1接続電極263は積層部上には形成されないので、積層部で発光した光を遮ることはない。そして、各積層部210のpパッド電極と第1接続電極263の間は第2接続電極264により接続される。ここで、1つのpパッド電極232と第1接続電極263の間は、1つの第2接続電極264で接続されている。

## 【0039】

図16は、基板側から光を出射する場合の電極構造のより好ましい例を示したものである。

すなわち、図16の窒化物半導体発光素子では、実施の形態5（図12）の接続電極261（p側ボンディング部を含む）に替えて、絶縁膜271の上から複



数の積層部を全て覆う電極層 265 を形成している。

このようにすると、各積層部の上面、特に傾斜側面からの光の漏れを防止でき（各積層部の上面及び傾斜側面で反射させることができ）、基板側から効率良く光を出射できる。

#### 【0040】

以上の実施の形態 5 の窒化物半導体発光素子では、各積層部 210 を六角形に形成した例により示したが、四角形又は円形等の他の形状であってもよい。

図 24 は、積層部 410 を四角形にした具体例を示す平面図である。本例では、p 側ボンディング部 451 を 2 つの隅部に形成された積層部 410 上にそれぞれ設け、その p 側ボンディング部 451 に接続された接続電極 461 により、積層部 410 の p パッド電極間が接続される。尚、接続電極 461 は、積層部 410 の間の n 電極上に絶縁膜を介して n 電極と導通しないようにして形成される。

また、n 電極 421 は、全ての積層部 410 を取り囲むように一体として形成し、各積層部 410 の傾斜面 410a に露出された n 型コンタクト層とオーミック接触するように形成され、その一部に n パッド電極 441 が形成される。

#### 【0041】

実施の形態 6.

図 17 は実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子の全体構成を示す平面図であり、図 18 は 1 つの積層部 310 を拡大して示す平面図である。また、図 19 (a) は図 18 の E-E' 線についての断面図であり、図 19 (b) は図 18 の F-F' 線についての断面図である。

実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子において、積層部 310 はそれぞれ円形状に形成され、その中心が縦横とも 1 つの直線上に位置するように基板上に配列される。また、各積層部 310 の積層構造は他の実施の形態と同様であり、その外周側面は内側に傾いた傾斜面（外周傾斜面 310a）とされ、その断面形状は、図 19 (a) (b) に示すように、上面を上底とする台形である。

#### 【0042】

各積層部 310 において、n オーミック電極 321a は外周傾斜面 310a に露出された n 側コンタクト層とオーミック接触するように外周傾斜面 310a の

全周に形成される。また、積層部 310 の間の基板にはそれぞれ n 接続パッド 321b が形成され、各積層部 310 に形成された n オーミック電極 321a は隣接する 4 つの n 接続パッド 321b と接続される。

すなわち、実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子において、n 電極 321 は n オーミック電極 321a と n 接続パッド 321b とからなる。

また、各積層部 310 の上面 (p コンタクト層の上面) のほぼ全面に、全面電極 331 が形成され、その全面電極 331 の中央部に円形の p パッド電極 332 が形成される。

#### 【0043】

以上のように、n オーミック電極 321a、n 接続パッド電極 321b、全面電極 331 及び p パッド電極 332 を形成した後、接続パッド電極 321b とその周辺及び p パッド電極 332 の上面を除いて素子全体を覆う絶縁膜 371 を形成して、各積層部 310 の p パッド電極 332 を互いに接続する p 側接続電極 361 を形成する。尚、p 側接続電極 361 は、p パッド電極 332 上に接続されたパッド接続部 361b とそのパッド接続部 361b 間を接続する接続部 361 とからなる。

#### 【0044】

以上のように構成された実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子は、実施の形態 1 と同様、電極による吸収を防止でき、発光した光の取り出し効率を高くできる。

実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子における光の取り出し効率を確認するために以下の比較検討を行った。

#### 【0045】

まず、本実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子として、図 25 の平面図に示す積層部 310 を 9 個 (3×3 個) 形成した素子を作製し、積層部 310 が 1 つの場合の発光素子 (図 28 の平面図に示す) と取り出し効率の比較を行った。

取り出し効率の測定は、図 30 に示すように、マイナス側端子と一体で構成されたカップ内に発光素子をダイボンディングし、n パッド電極とマイナス側端子 T2 とをボンディングワイヤー W21 で接続し、p パッド電極とプラス側端子 T

1 とをボンディングワイヤー W32 で接続して、発光光量に対する外部に取り出される光量を測定した。

#### 【0046】

その結果、9 個の積層部 310 を形成した実施の形態 6 の素子 (図 25) の取り出し効率は、積層部 310 が 1 つの場合の発光素子 (図 28) の取り出し効率を 100 とした場合、86% であった。

これに対して、比較例として作製した図 26 に示す発光素子 (9 個の積層部を形成した素子) の取り出し効率は、図 29 (a) に示す 1 つの積層部を備えた発光素子の取り出し効率を 100 とした場合、71% であった。

尚、積層部 310 が 1 つの場合の発光素子 (図 28) の取り出し効率と、図 29 (a) に示す 1 つの積層部を備えた発光素子の取り出し効率とはほぼ等しいものであった。

#### 【0047】

ここで、比較例の発光素子において、各積層部は実施の形態 6 と同様の積層構造を有し、その平面形状は略矩形に形成されている。また、n 電極 521 は、各積層部の 1 つの隅部において、n 型コンタクト層の表面を露出させ、その露出させた表面に形成されている。さらに、p オーミック電極 531 は p 型コンタクト層のほぼ全面に形成され、p オーミック電極 531 上の n 電極 521 と対角をなす位置に p パッド電極 532 が形成されている。尚、図 26 に示す素子では、隣接する積層部の間はサファイア基板が露出されるまでエッチングされて、隣接する積層部の間は完全に分離されている。また、各積層部の側面は、サファイア基板の上面に対してほぼ垂直に形成されている。

#### 【0048】

以上のように、複数の積層部を備えた実施の形態 6 の窒化物半導体発光素子は、同じく集合状態の比較例の窒化物半導体発光素子に比較して、取り出し効率を高くできることが確認された。

#### 【0049】

また、図 27 は異なる比較例として作製した素子であって、図 26 に示す比較例の発光素子において、隣接する積層部間においてサファイア基板が露出するま

でエッチングせずに、n型コンタクト層を残すようにしたものである。この図27の比較例の素子の取り出し効率は、図29(b)に示す1つの積層部を備えた発光素子の取り出し効率を100とした場合、68%であった。

尚、図29(a)の素子の取り出し効率と、図29(b)の素子の取り出し効率とはほぼ等しいものであった。

以上のように、複数の積層部を備えた比較例の発光素子は、いずれも実施の形態6の発光素子より取り出し効率が悪いものであった。

#### 【0050】

また、実施の形態6の窒化物半導体発光素子は、実施の形態5の発光素子と同様の作用効果を有し、さらに以下のような特徴を有する。

すなわち、ウエハ上に各積層部を形成した後に、要求に応じて必要な個数の積層部310を含む任意の大きさの素子に分割することができるので、同一のパターンにより任意の大きさの素子を作製することが可能となる。

尚、この場合、いずれかの位置にあるn接続パッド電極321bとパッド接続部361bとをボンディング電極として用いることができる。

#### 【0051】

以上の各実施の形態の窒化物半導体発光素子は、上述したように、基板側から光を出力するようにも構成できるし、また、半導体側から光を出力するようにも構成できる。いずれの場合についても、光を射出する方向の反対側の面には、反射層を形成することが好ましい。図7、図8及び図16に示す構造の場合にはそれぞれ、n電極24、電極26又は電極265を反射層として機能させることができることは上述した通りであるが、他の構成の場合には、反射層を別途設けることが好ましい。この反射層は、反射率の高い金属を用いて構成することもできるし、誘電体多層膜を用いて構成することもできる。誘電体多層膜を用いる場合には、例えば、図13の絶縁層271を誘電体多層膜により構成することにより、絶縁機能に加え、反射機能を持たせるようにしても良い。

#### 【0052】

実施の形態7.

図31は実施の形態7の窒化物半導体発光素子の全体構成を示す平面図である

。実施の形態7の窒化物半導体発光素子において、積層部310はそれぞれ円形状に形成され、その中心が単位格子が六角形の格子点に位置するように基板上に配置される。また、各積層部610の積層構造は他の実施の形態と同様であり、その外周側面は内側に傾いた傾斜面とされている。

#### 【0053】

各積層部610において、nオーミック電極621aは外周傾斜面に露出されたn側コンタクト層とオーミック接触するように外周傾斜面の全周に形成される。また、6つの積層部610に囲まれた各六角形格子の中心には、それぞれn接続パッド621bが形成され、各積層部610に形成されたnオーミック電極621aは隣接する3つのn接続パッド621bと接続される。

すなわち、実施の形態7の窒化物半導体発光素子において、n電極はnオーミック電極621aとn接続パッド621bとからなる。

また、各積層部610の上面（pコンタクト層の上面）のほぼ全面に、全面電極が形成され、その全面電極の中央部に円形のpパッド電極632が形成され、各積層部610のpパッド電極632はp側接続電極361により互いに接続される。

#### 【0054】

尚、nオーミック電極621a、n接続パッド電極621b等のn側の電極と、全面電極631、pパッド電極632、p側接続電極361等のp側の電極とは実施の形態6と同様にして絶縁される。

以上のように構成された実施の形態7の窒化物半導体発光素子では、1つのn接続パッド電極621bに対して2つの積層部が設けられており、1つのn接続パッド電極に対して1つの積層部が設けられた実施の形態6に比較して、発光素子全体としての発光領域の面積を大きくできる。

また、この実施の形態7のように積層部を配置した場合、外形形状が、三角形、六角形、ひし形、平行四辺形等になるように分割することができ、そのように分割する際、Ga<sub>2</sub>N結晶の結晶軸の方向とスクライブラインの方向を一致させることができるので、分割時の歩留まりを向上させることができる。

#### 【0055】

次に、上記各実施の形態の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面を有する積層部の形成方法の一例を示す。

本方法では、まず、サファイア基板 1 の上に、バッファ層 11、n 型コンタクト層 12、n 型クラッド層 13、発光層 14、p 型クラッド層 15 及び p 型コンタクト層 16 を順次成長させて積層構造を形成し、その上に、図 20 (a) に示すように、断面が台形状のマスク M1 を形成する。

次に、反応性イオンエッチングにより、マスク M1 の上から積層体をエッチングする。この時、積層体をエッチングすると同時にマスクそのものもエッチングにより少しずつ除去する。図 20 (b) において、破線と実線の間の R1 の符号を付した部分が除去された部分である。

このエッチングを積層部 10 の周りの基板表面が露出されるまで続ける (図 20 (c))。

このようにすると、マスク M1 の形状に対応した形状の、傾斜側面 10a を有する積層部 10 が形成される。

本方法では、マスク材料と窒化物半導体材料の RIE によるエッチング率を考慮して、マスク M1 形状を設定することにより、所望の傾斜側面を有する積層部が形成できる。

#### 【0056】

例えば、マスク M1 の側面を外側に膨らんだ形状とすることにより、積層部の傾斜側面を外側に膨らんだ凸曲面とすることができる。

このように、傾斜側面を外側に膨らんだ凸曲面とすることにより、基板側から光を出力する場合に集光して光を出射できる。

#### 【0057】

以上の各実施の形態では、最も好ましい例として、積層部の周りを基板までエッチングした例を用いて説明したが、本発明においては積層部の周りに光が伝送されないようにすることが重要であり、光の伝送を抑制できる程度の厚さに n 型半導体層が残っていても良い。

#### 【0058】

#### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明に係る窒化物半導体発光素子は、傾斜した側面を持った積層部を有し、その積層部の側面の n 型半導体層の表面に n 電極を形成することにより n 電極による光の吸収を抑制でき、光の出射効率を高くできる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明に係る実施の形態 1 の発光素子の平面図である。
- 【図 2】 図 1 の A-A' 線についての断面図である。
- 【図 3】 本発明に係る実施の形態 1 の変形例の発光素子の平面図である。
- 【図 4】 図 3 の B-B' 線についての断面図である。
- 【図 5】 本発明に係る実施の形態 2 の発光素子の平面図である。
- 【図 6】 本発明に係る実施の形態 3 の発光素子の平面図である。
- 【図 7】 図 6 の C-C' 線についての断面図である。
- 【図 8】 実施の形態 3 の変形例に係る発光素子の断面図である。
- 【図 9】 本発明に係る実施の形態 4 の発光素子の平面図である。
- 【図 10】 実施の形態 4 の変形例に係る発光素子の平面図である。
- 【図 11】 本発明に係る実施の形態 5 の発光素子において、p 側の電極を省いて示す平面図である。
- 【図 12】 本発明に係る実施の形態 5 の発光素子の平面図（p 側の電極を含む）である。
- 【図 13】 図 12 の D-D' 線についての断面図である。
- 【図 14】 実施の形態 5 の第 1 変形例に係る発光素子の平面図である。
- 【図 15】 実施の形態 5 の第 2 変形例に係る発光素子の平面図である。
- 【図 16】 実施の形態 5 の第 3 変形例に係る発光素子の平面図である。
- 【図 17】 本発明に係る実施の形態 6 の発光素子の平面図である。
- 【図 18】 図 17 の一部を拡大して示す平面図である。
- 【図 19】 (a) は図 18 の E-E' 線についての断面図であり、(b) は図 18 の F-F' 線についての断面図である。
- 【図 20】 本発明の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面を有する積層部の形成方法の一例を示す工程図である。

【図 2 1】 従来例の発光素子の断面図である。

【図 2 2】 本発明の窒化物半導体発光素子において、傾斜側面の好ましい傾斜角について説明するための模式図である。

【図 2 3】 本発明の窒化物半導体発光素子において、p 電極による光の吸収が抑制できることを説明するための図である。

【図 2 4】 実施の形態 5 の第 4 変形例に係る発光素子の平面図である。

【図 2 5】 本発明に係る実施の形態 6 において、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

【図 2 6】 本発明に係る実施の形態 6 の比較例（その 1）として、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

【図 2 7】 本発明に係る実施の形態 6 の比較例（その 2）として、取り出し効率の測定に用いた発光素子の平面図である。

【図 2 8】 本発明に係る実施の形態 6 の取り出し効率の測定において、基準として用いた発光素子の平面図である。

【図 2 9】 本発明に係る実施の形態 6 において、比較例の基準として用いた発光素子の平面図である。

【図 3 0】 本発明に係る実施の形態 6 の取り出し効率の測定方法の概要を示す模式図である。

【図 3 1】 本発明に係る実施の形態 7 の発光素子の平面図である。

【図 3 2】 実施の形態 7 の発光素子の一部を拡大して示す平面図である。

【符号の説明】

1…サファイア基板、

1 0, 1 1 0, 1 1 1, 2 1 0, 3 1 0…積層部、

1 0 a, 1 1 0 a, 1 1 1 a, 2 1 0 a, 3 1 0 a…傾斜面（傾斜側面）、

1 1…バッファ層、

1 2…n 型コンタクト層、

1 3…n 型クラッド層、

1 4…発光層、

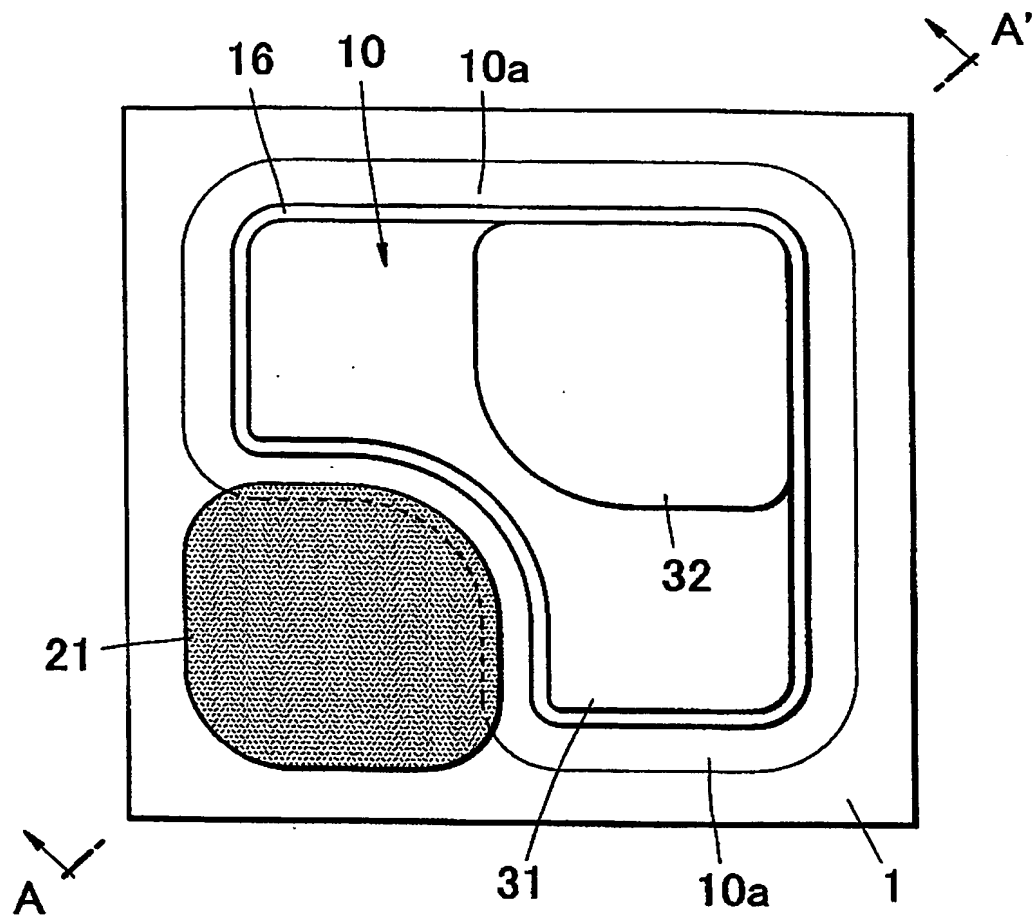
1 5…p 型クラッド層、



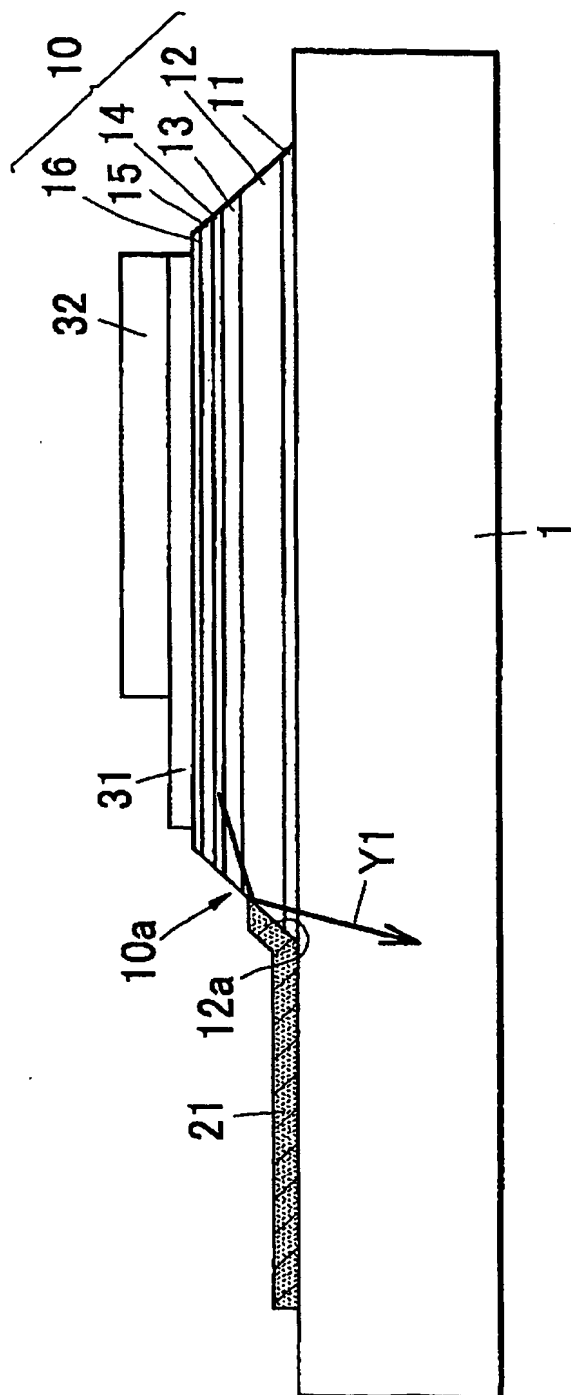
1 6 … p 型コンタクト層、  
2 1, 2 2, 2 3, 2 4, 2 5, 2 7, 2 8, 2 2 1, 3 2 1 … n 電極、  
3 1, 3 3, 3 5 … 全面電極、  
3 2, 3 4, 3 6 … p パッド電極、  
3 3 a … 透光性オーミック電極。

【書類名】 図面

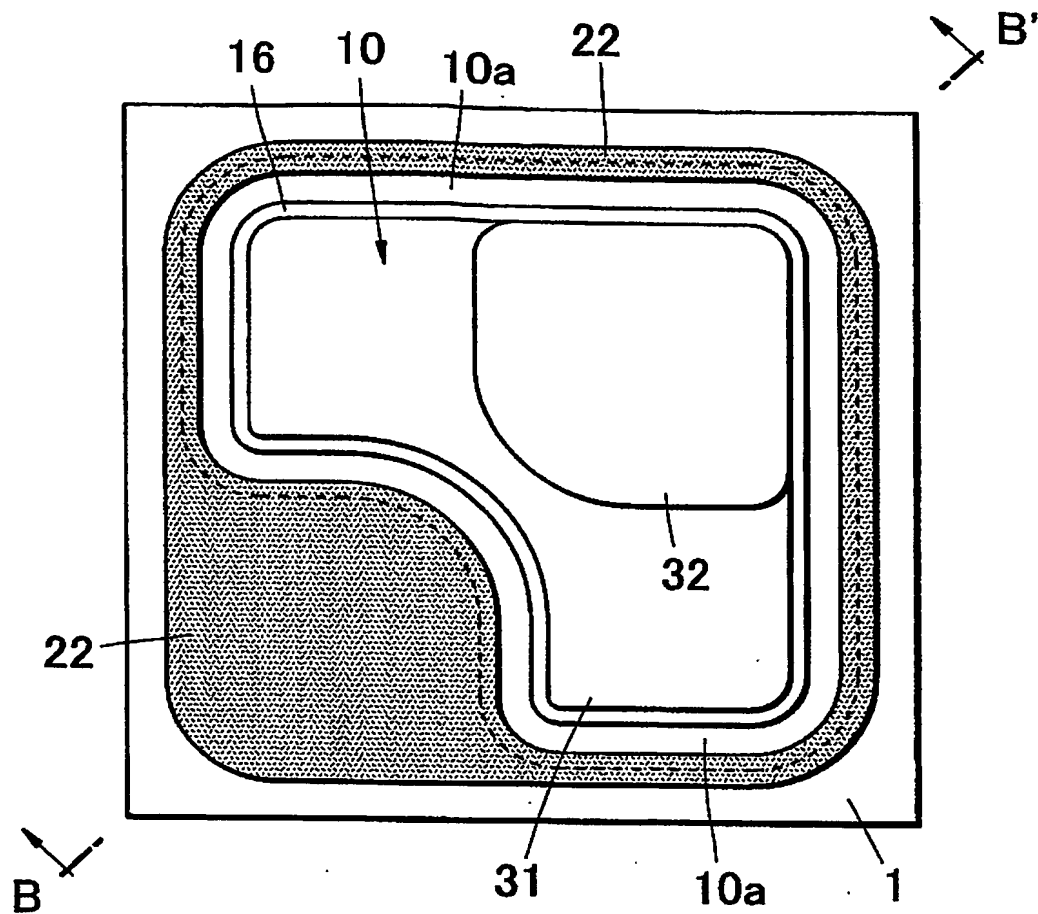
【図 1】



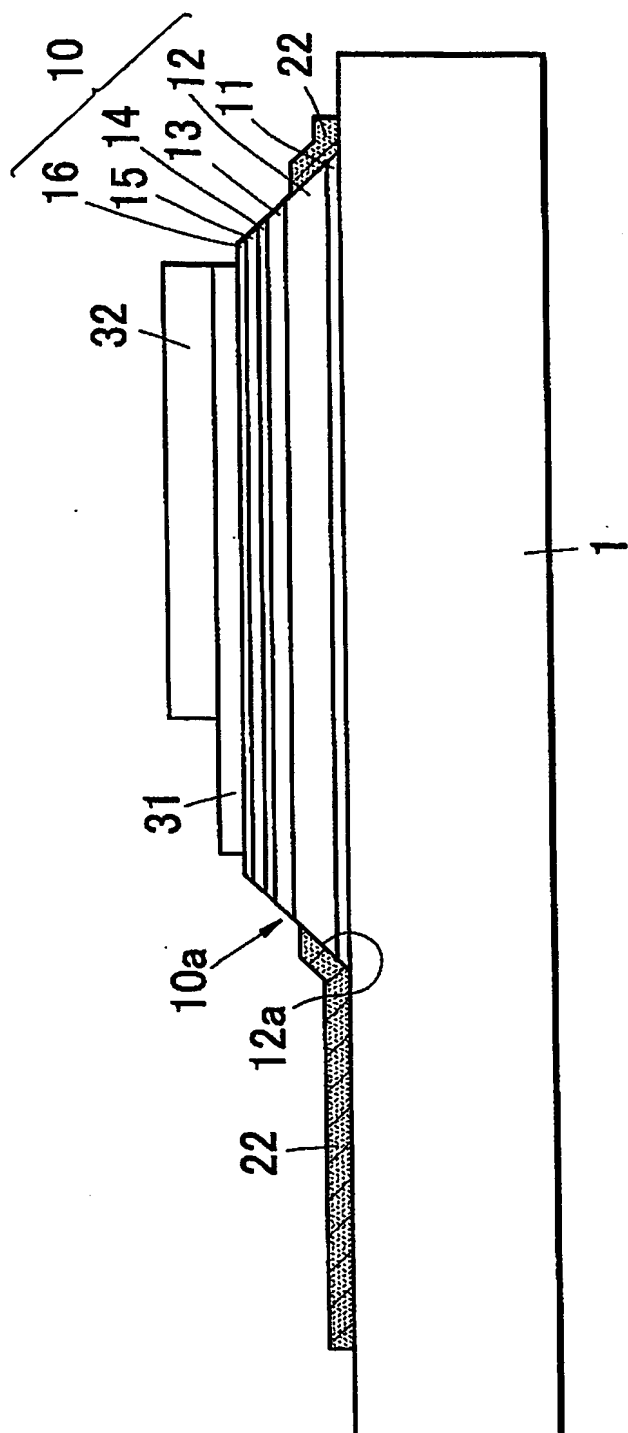
【図 2】



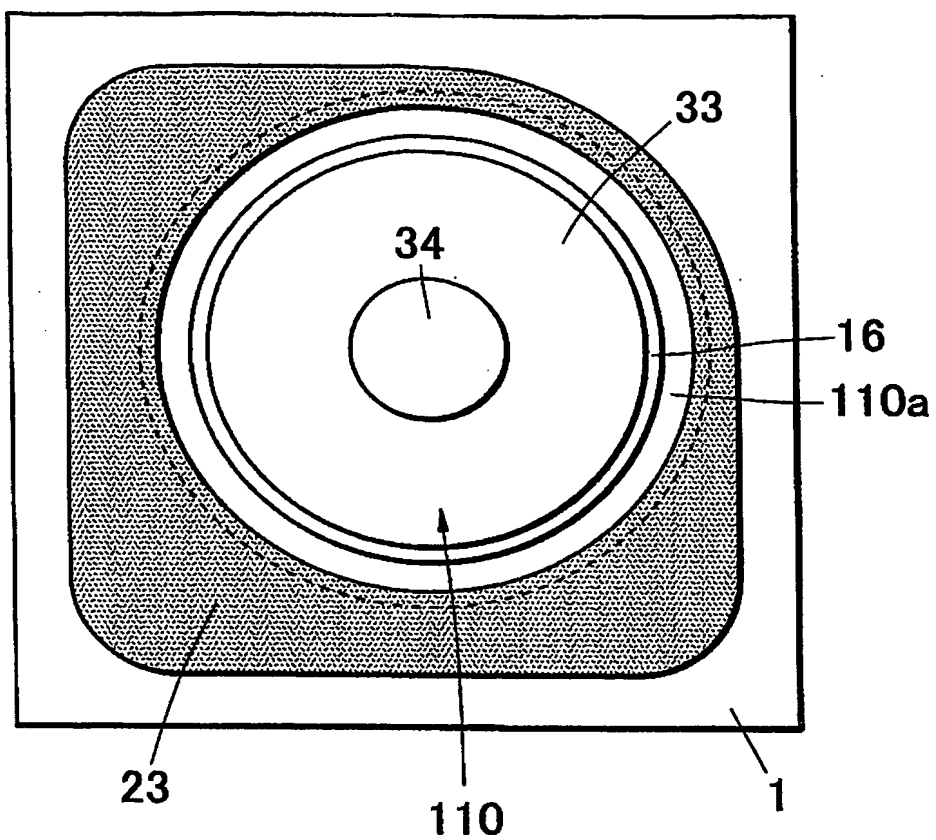
【図 3】



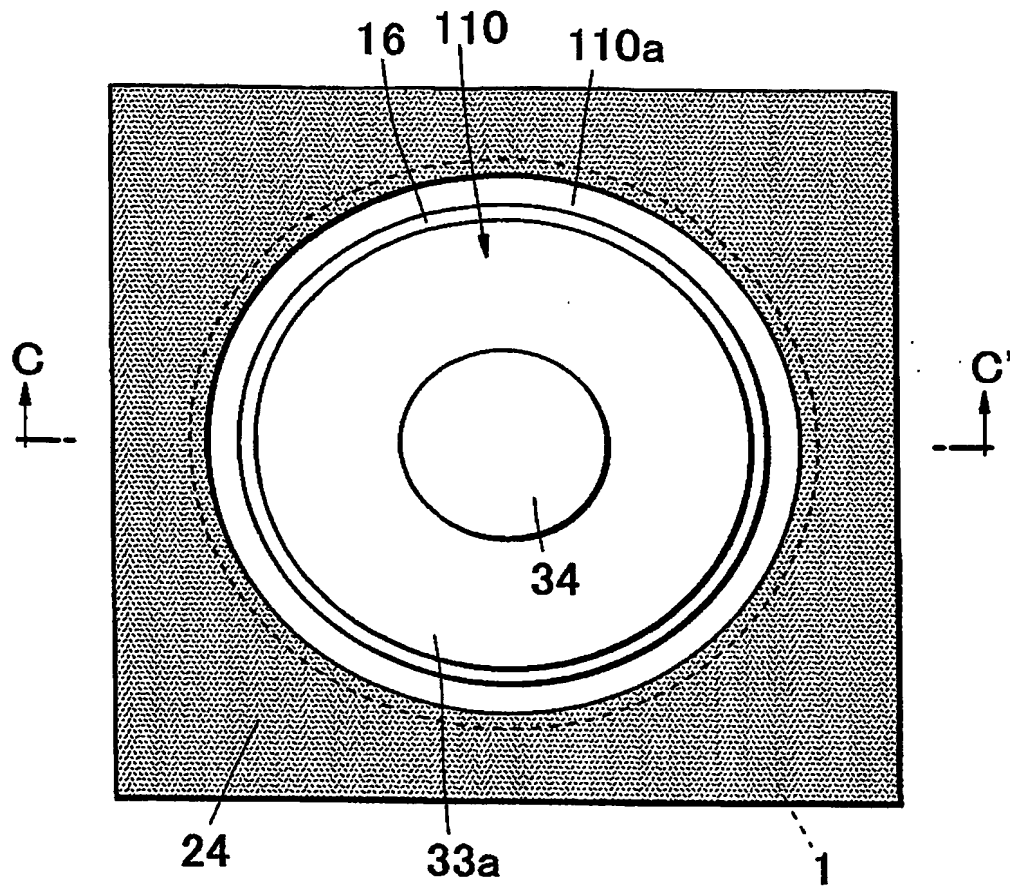
【図 4】



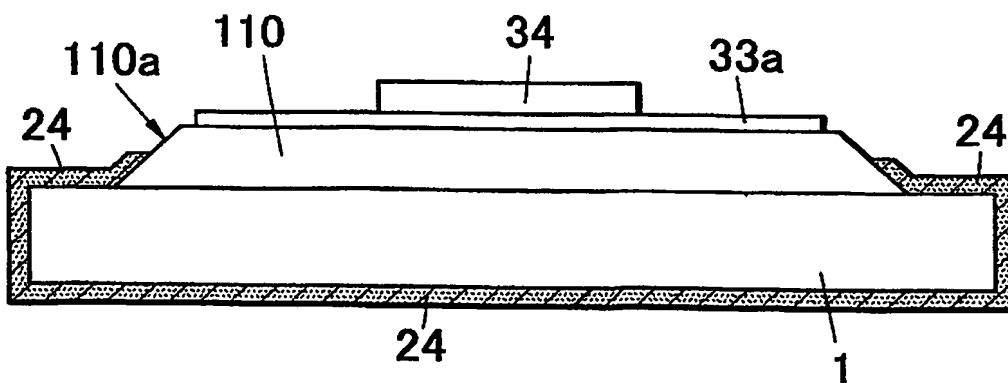
【図 5】



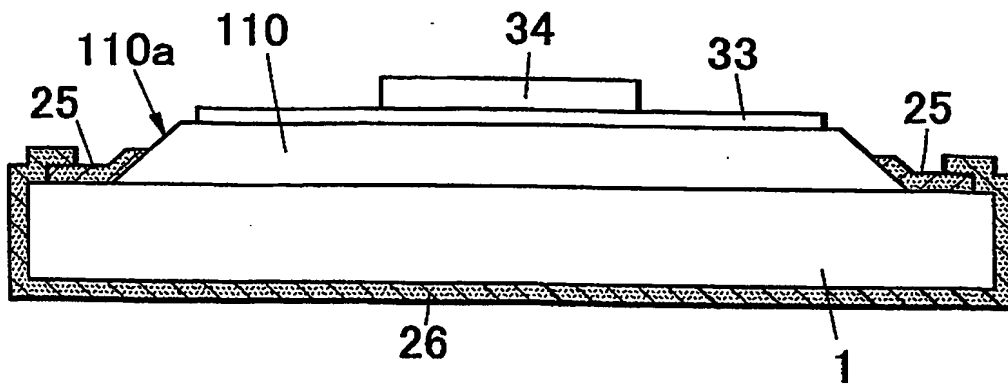
【図 6】



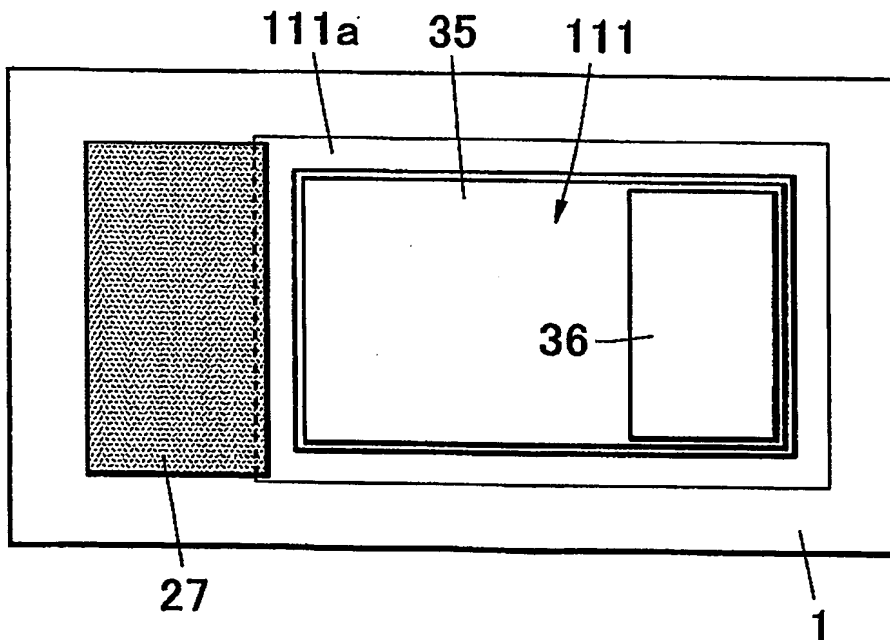
【図 7】



【図 8】

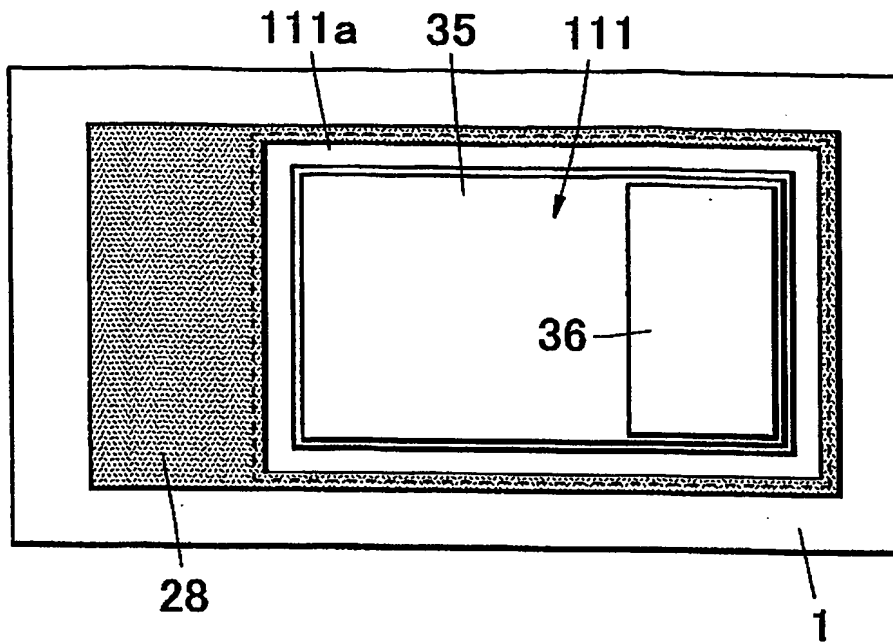


【図 9】

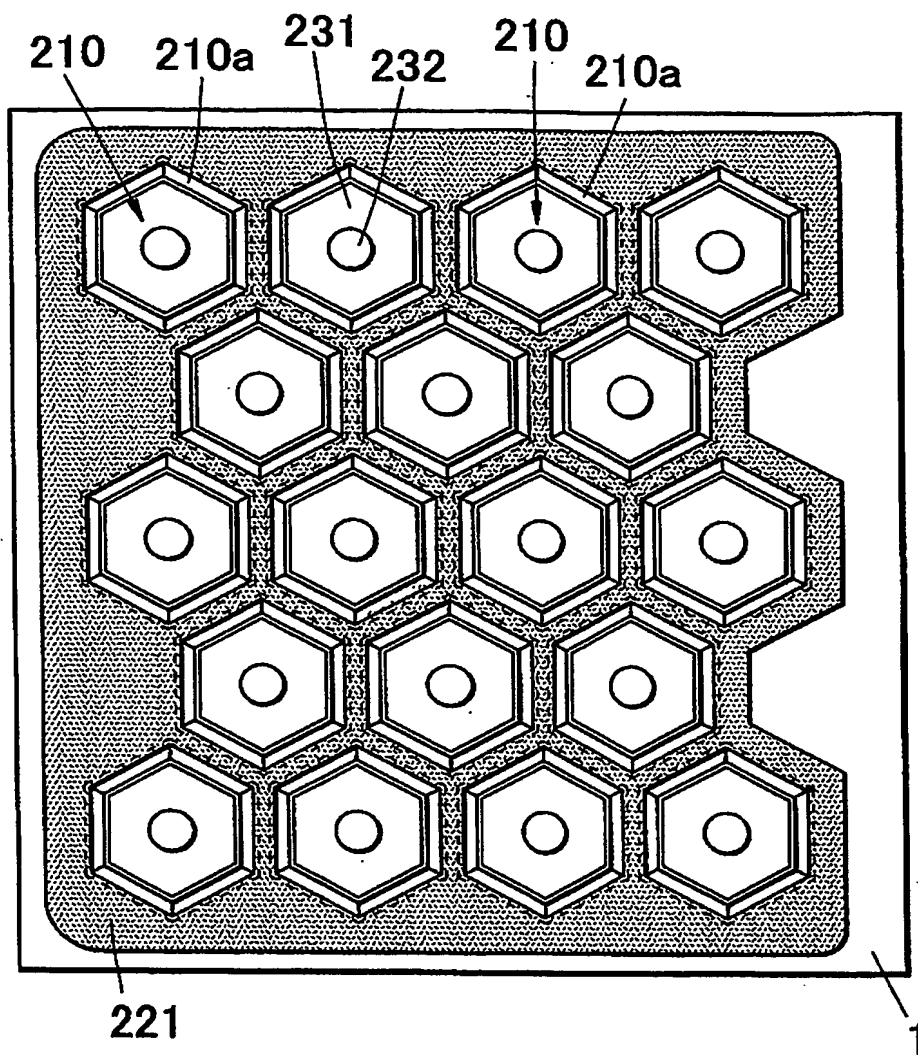




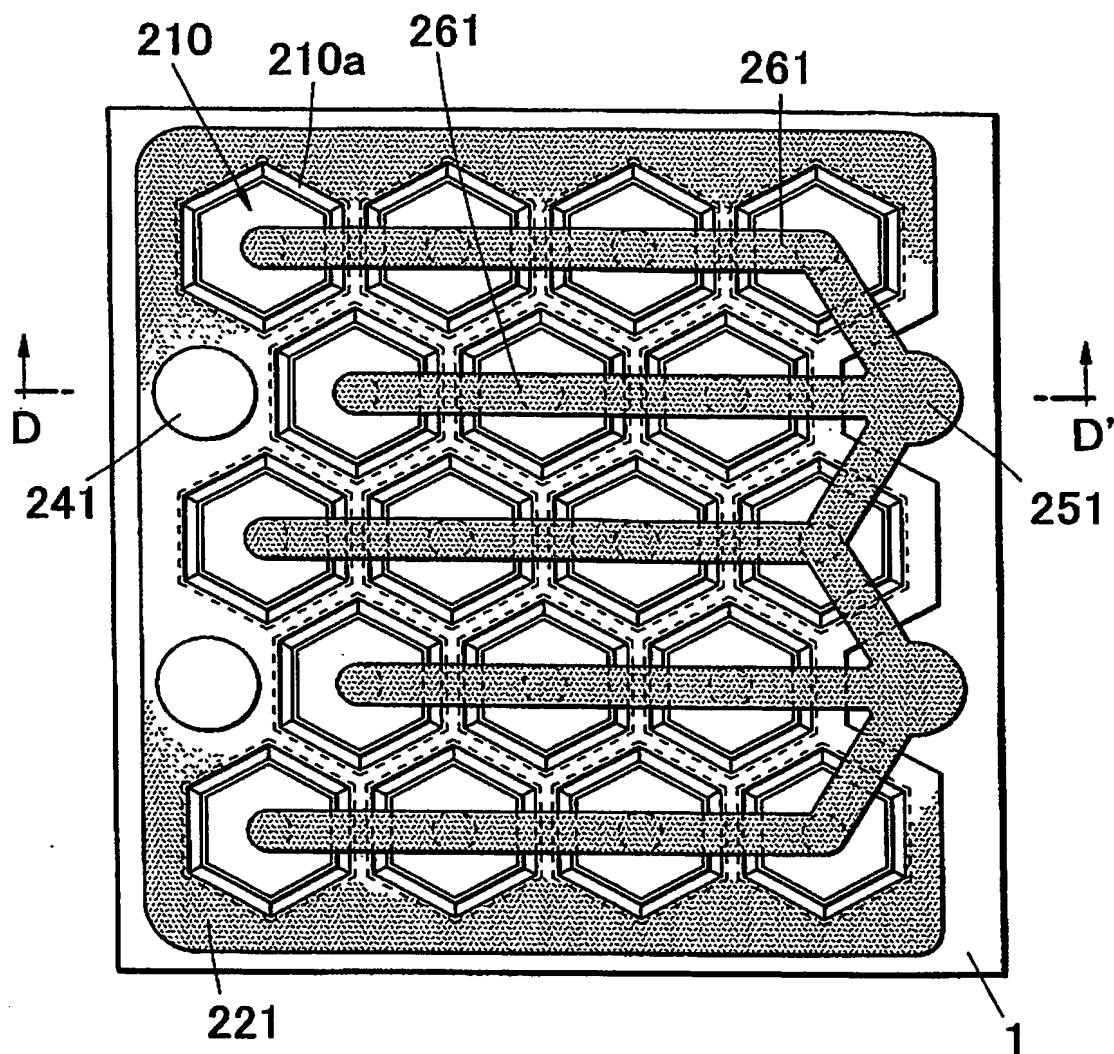
【図10】



【図 11】

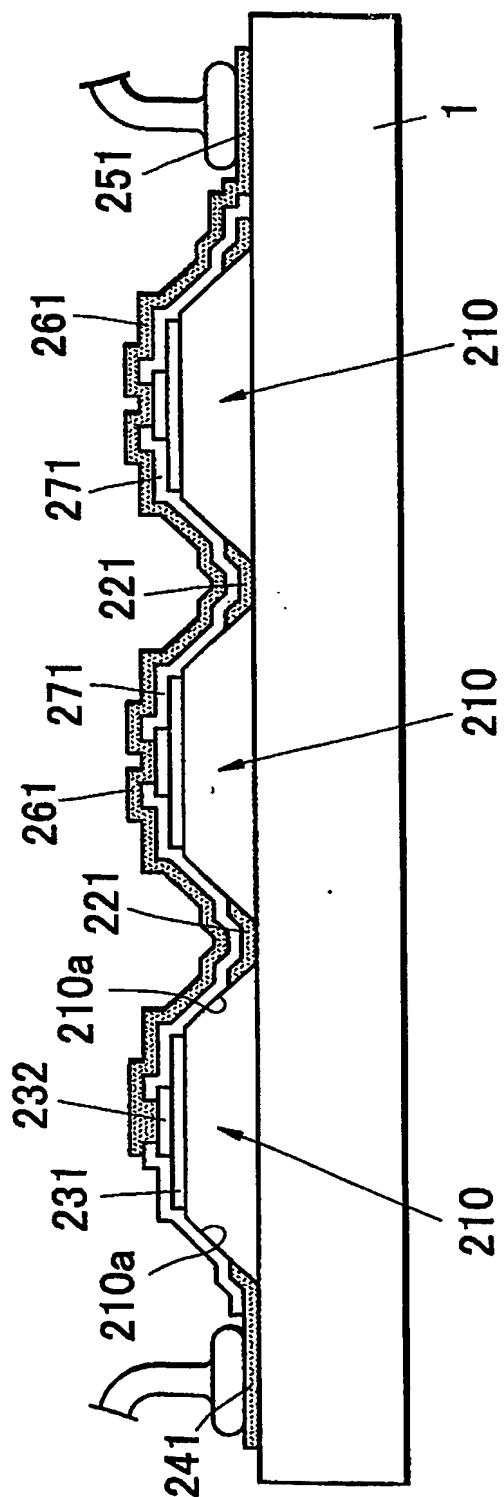


【図12】

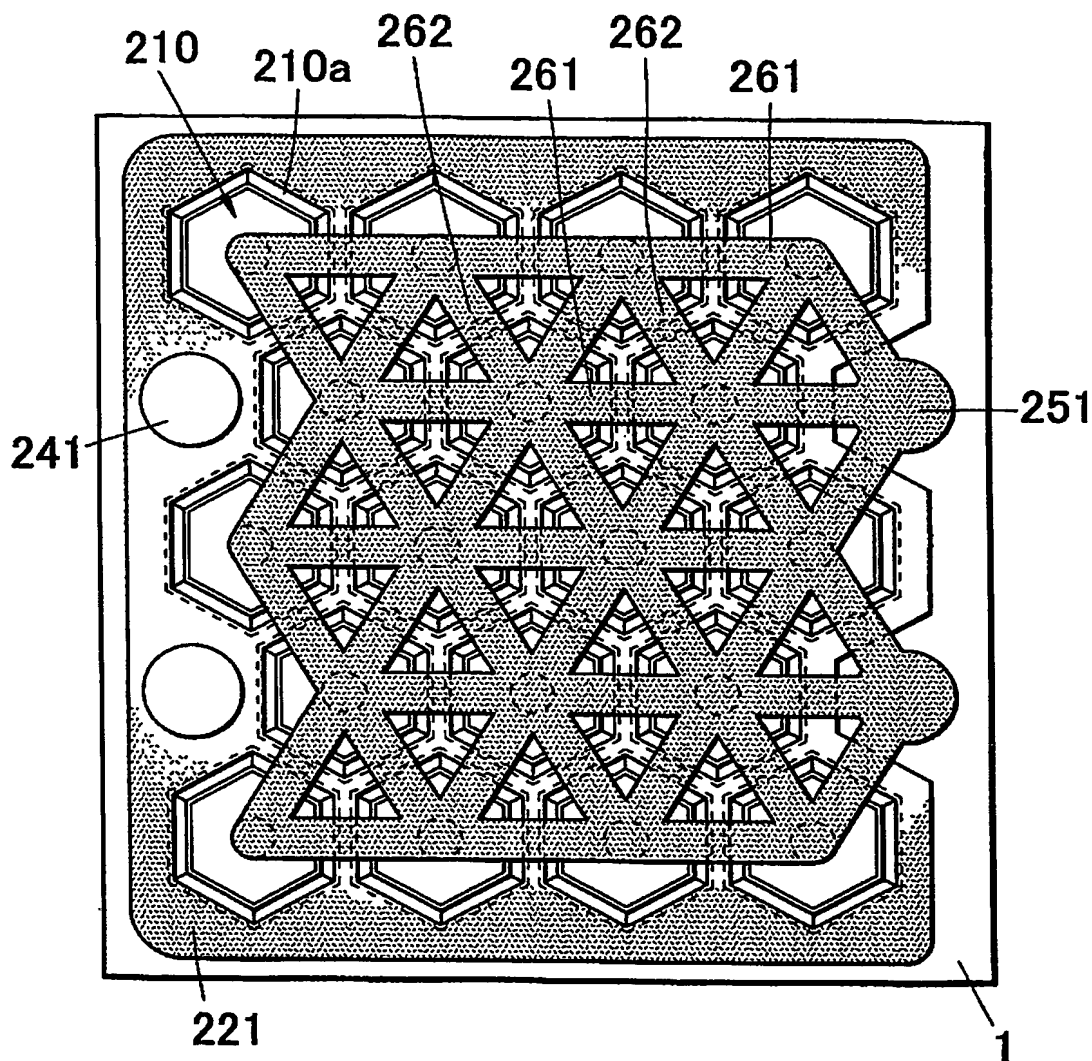


素子間接続Pパターン

【図 13】

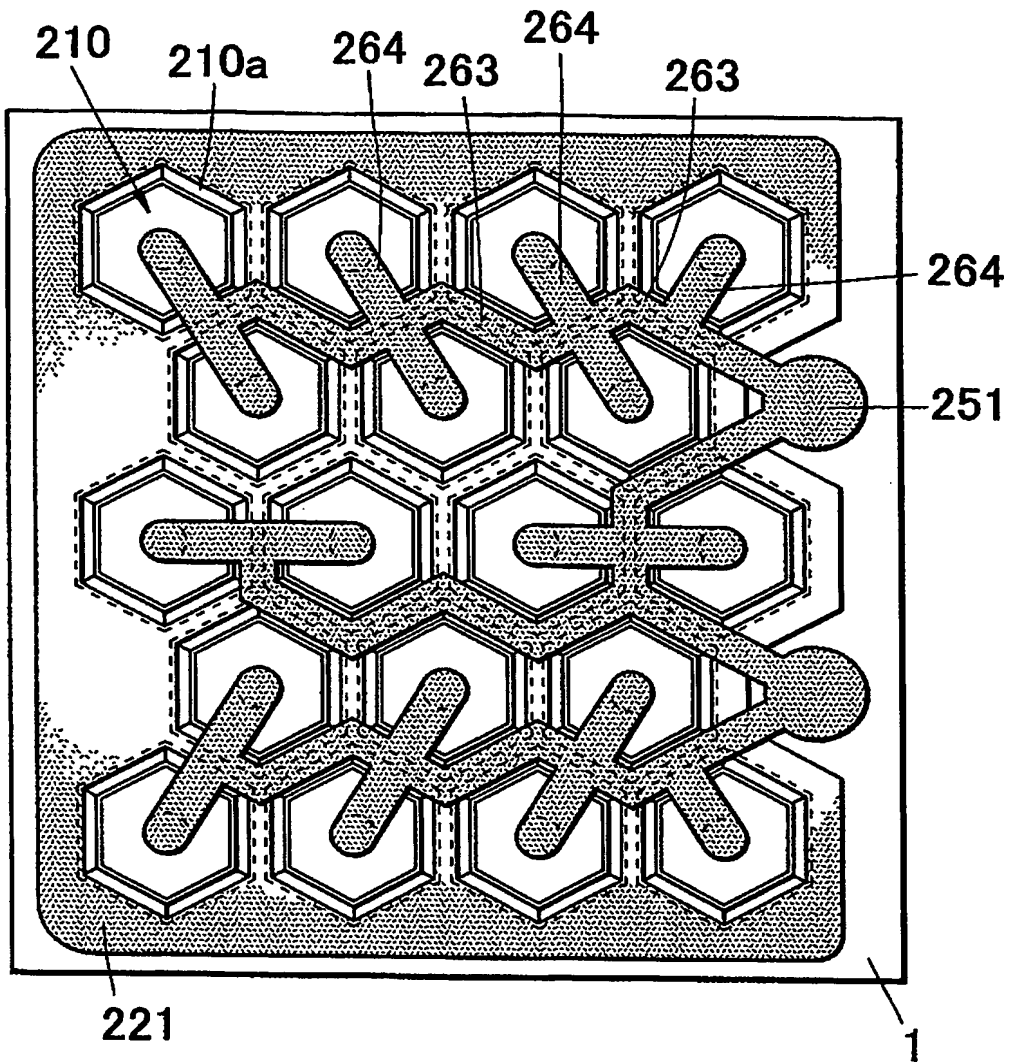


【図14】



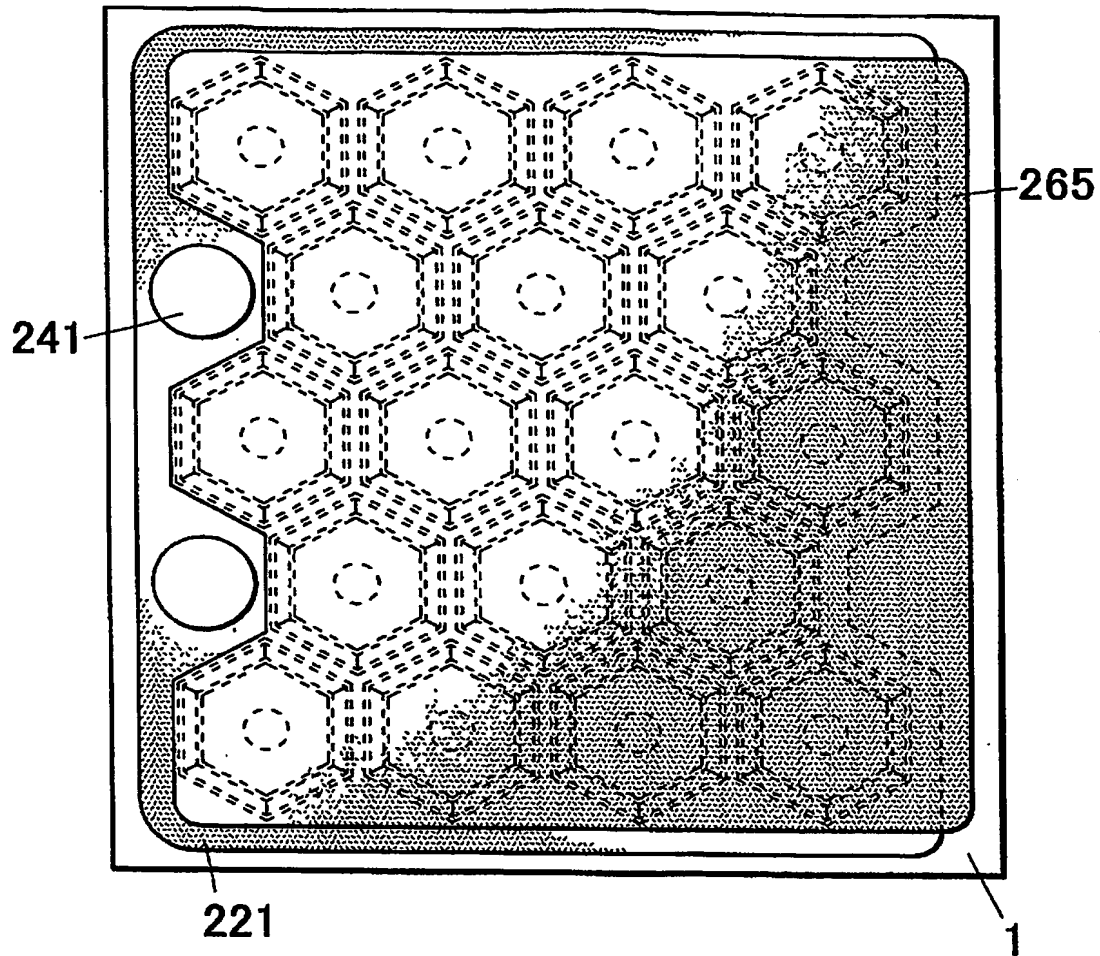
p配線例その2

【図15】



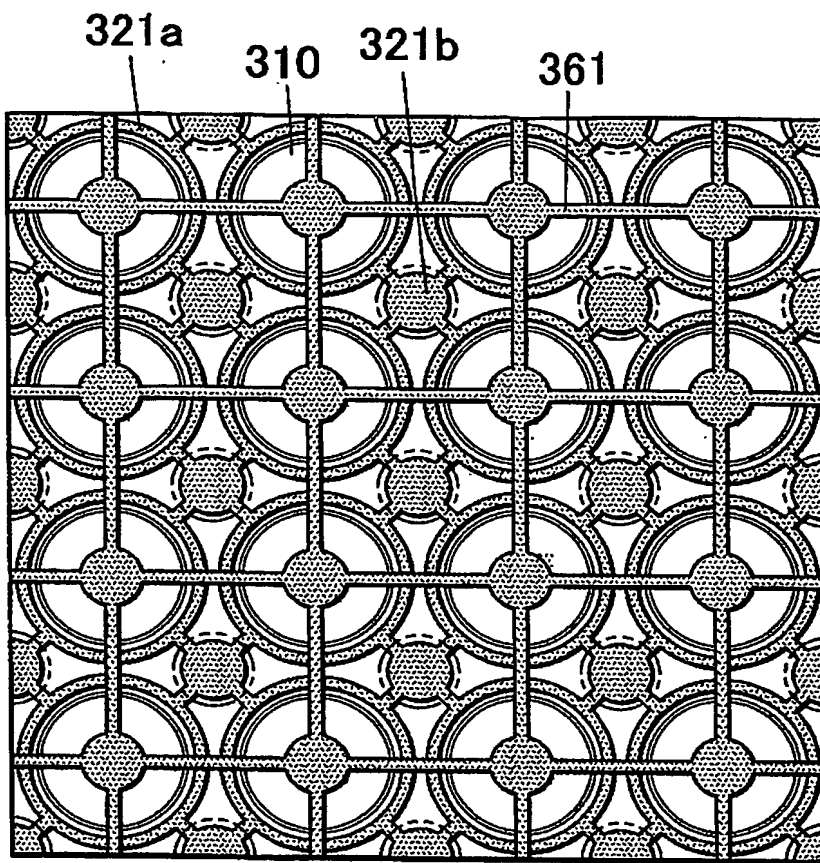
配線例4

【図16】



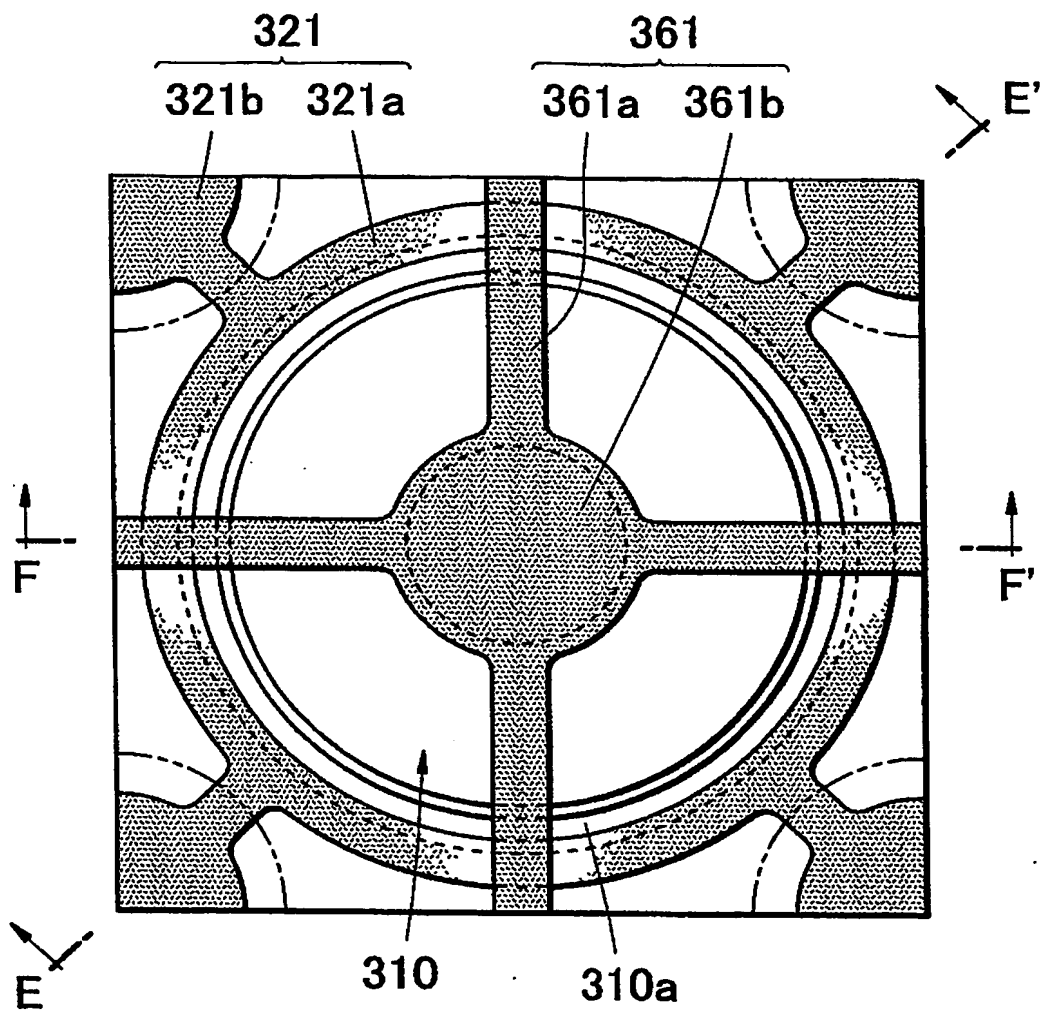
P配線例その3 (FD対応型)

【図 17】



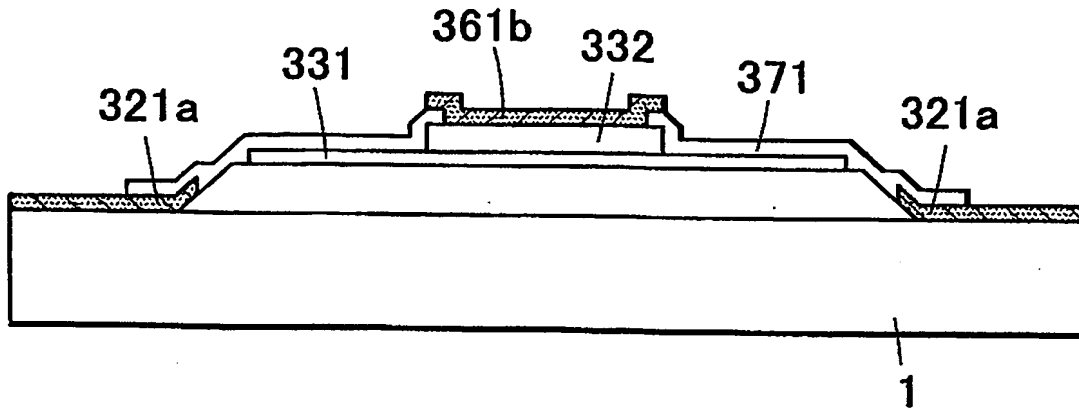


【図18】

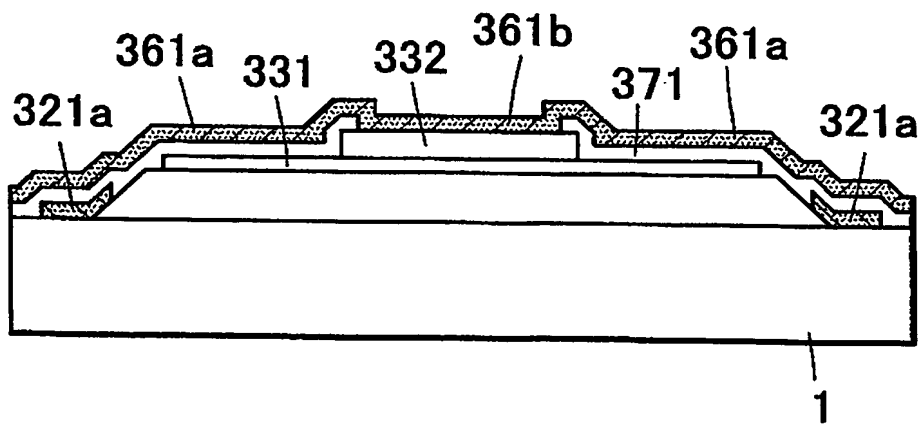


【図 19】

(a)

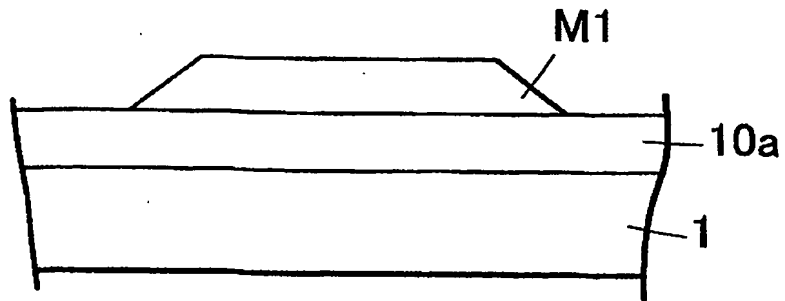


(b)

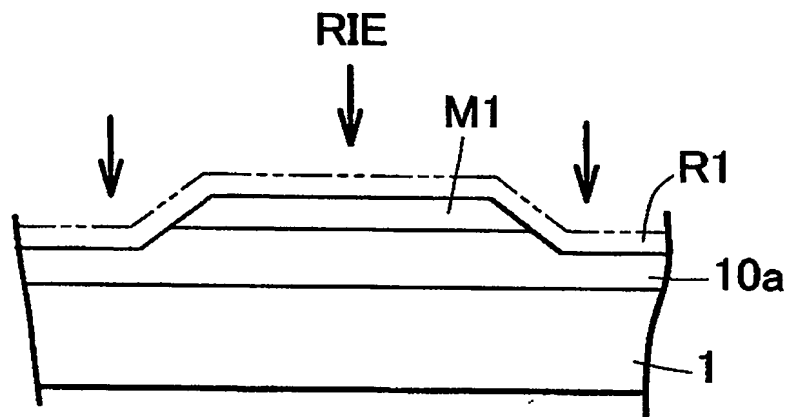


【図 20】

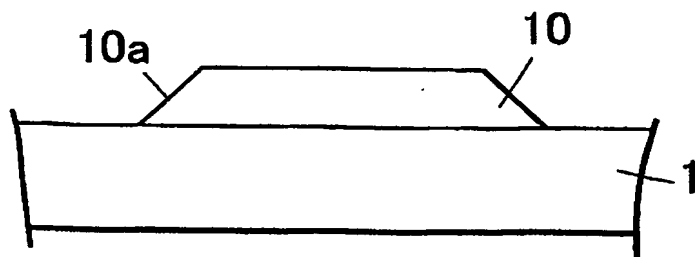
(a)



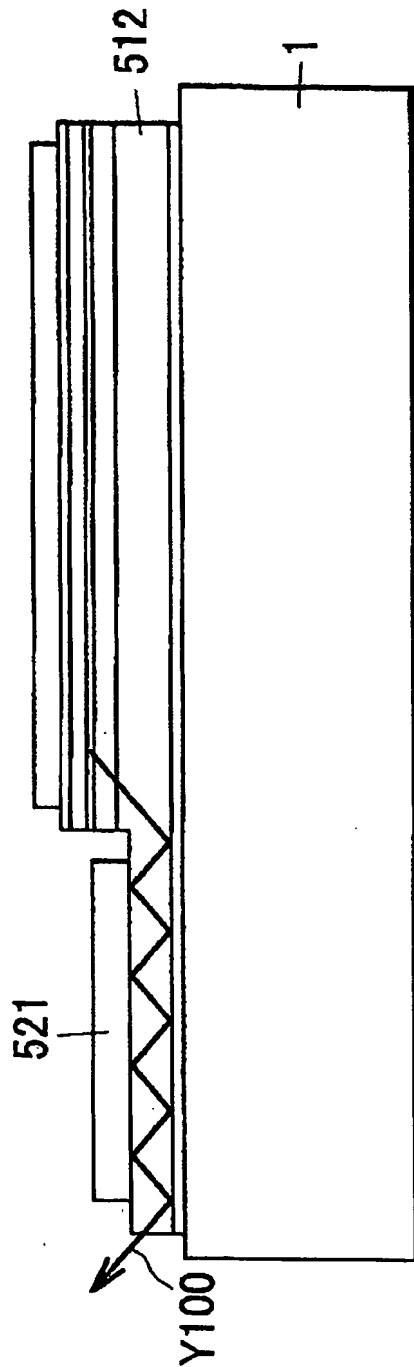
(b)



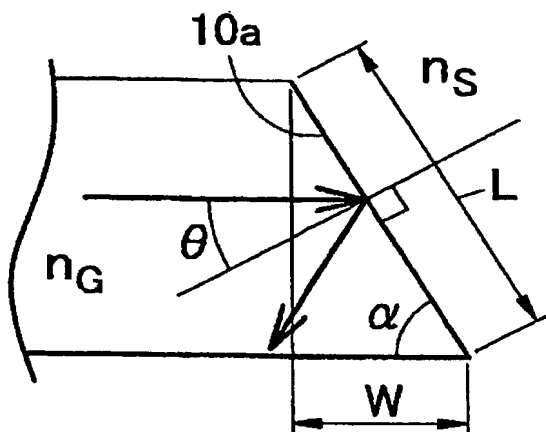
(c)



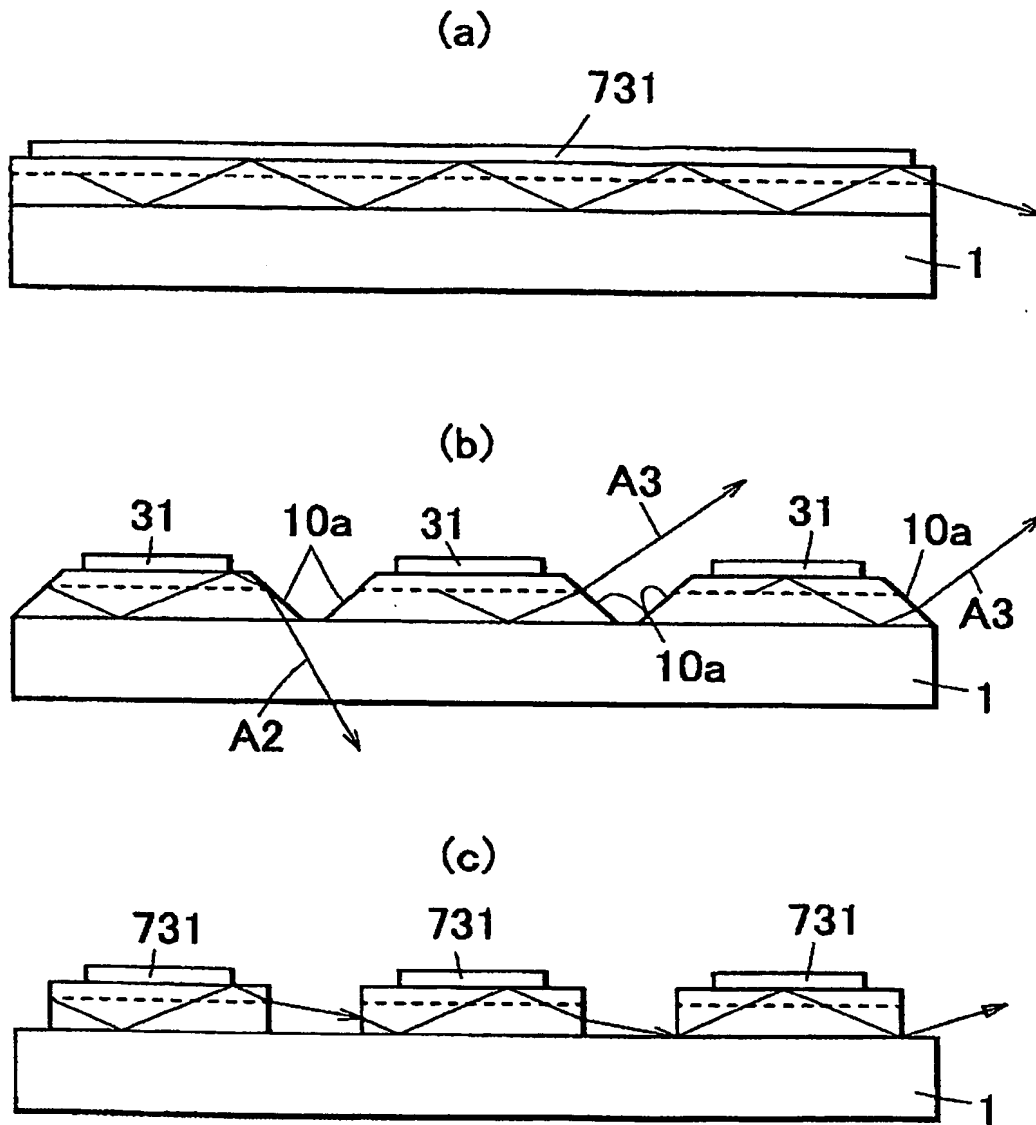
【図 21】



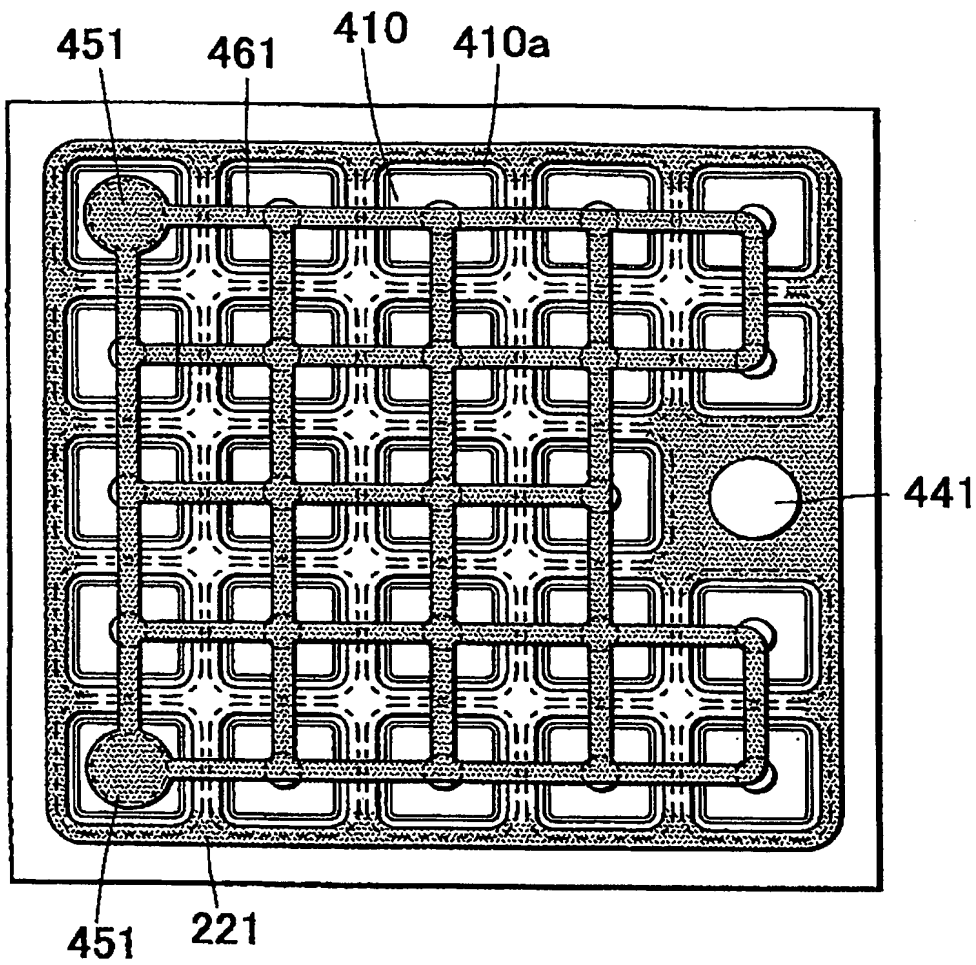
【図 22】



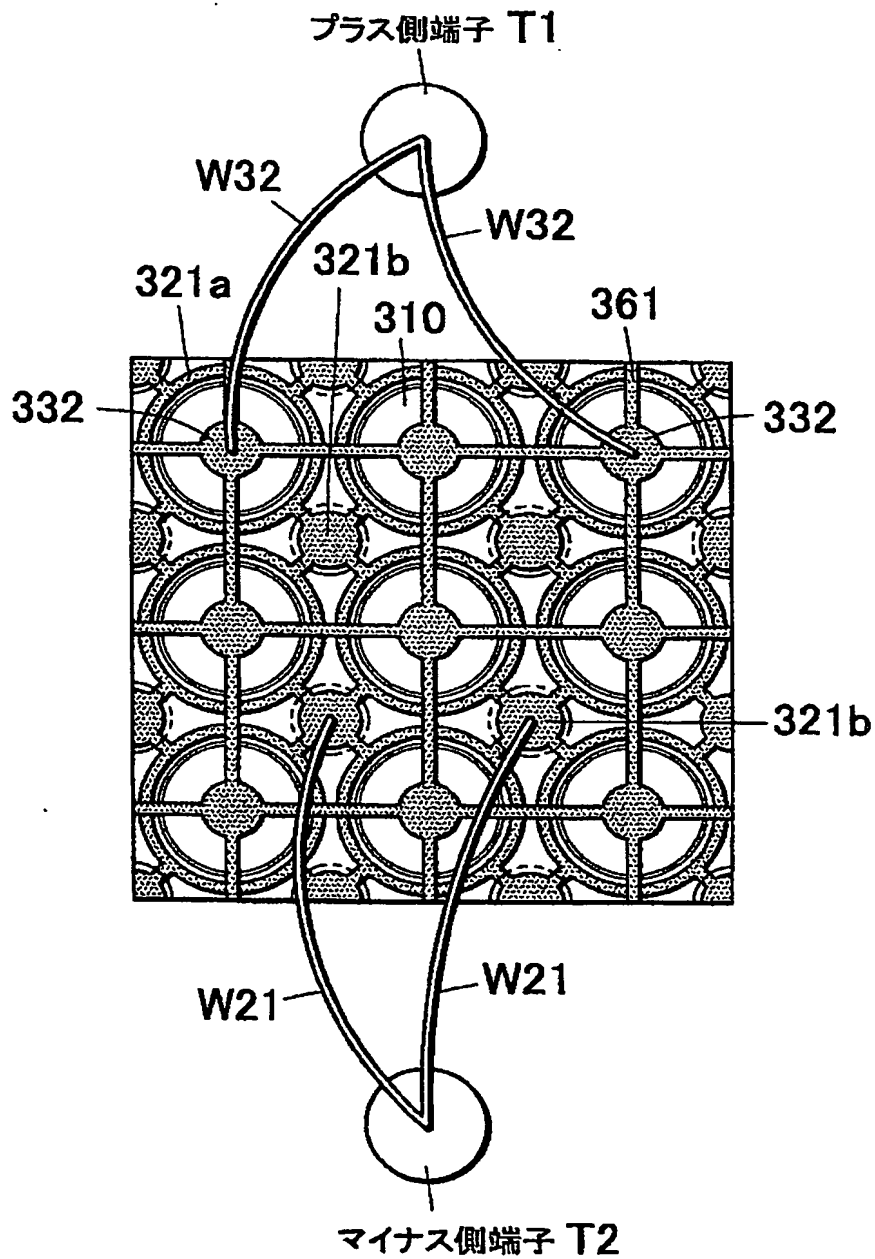
【図 23】



【図 24】

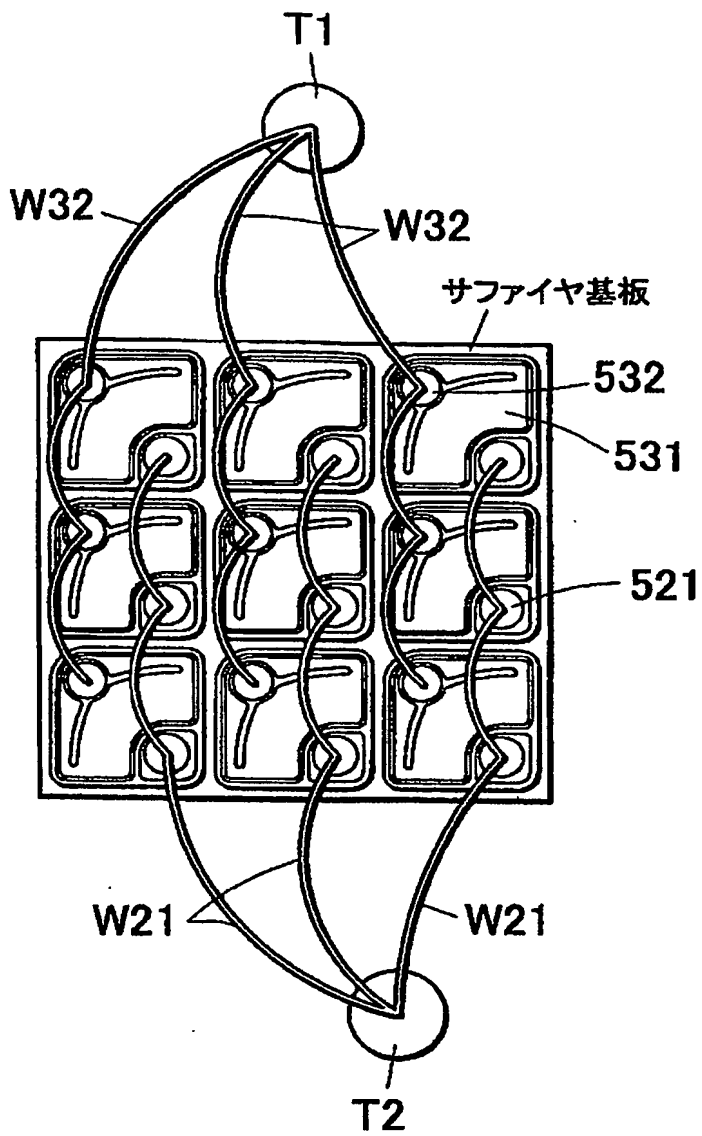


【図 25】

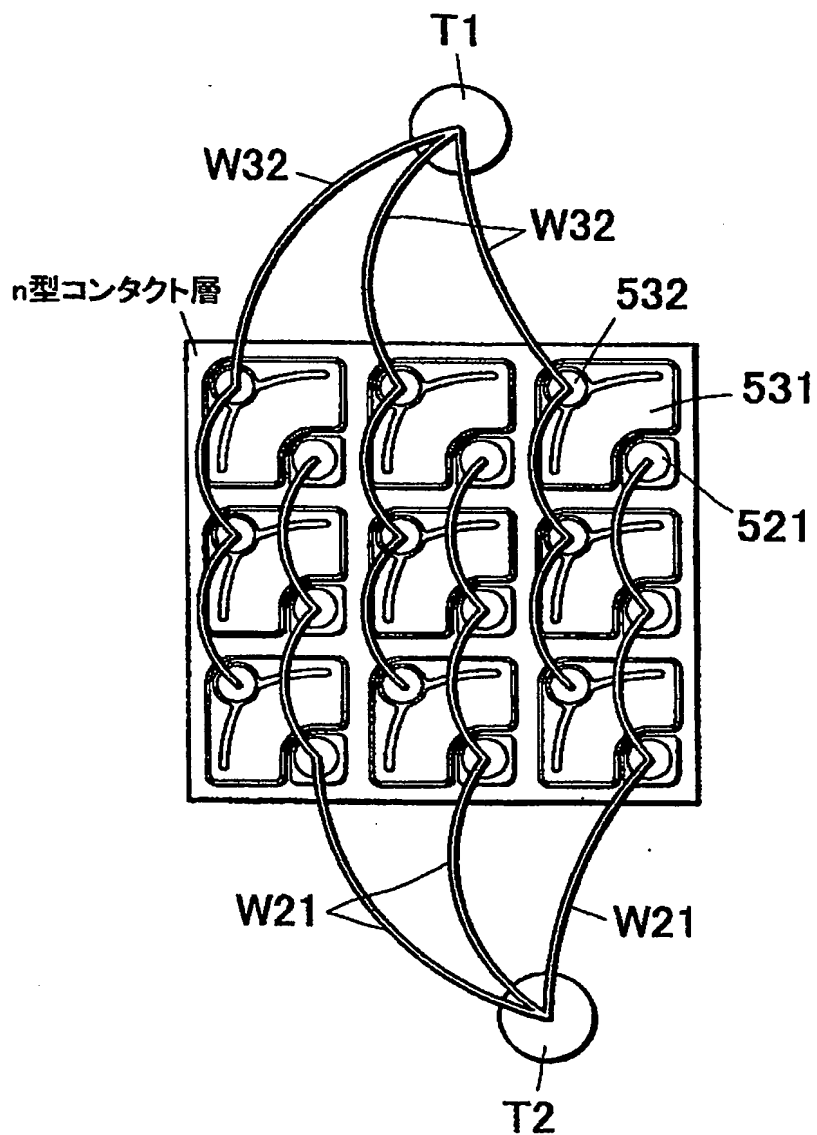




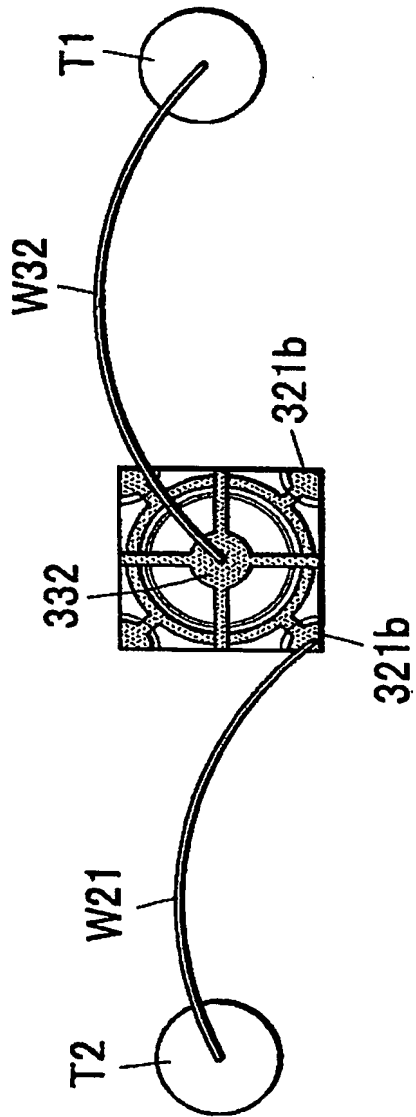
【図 26】



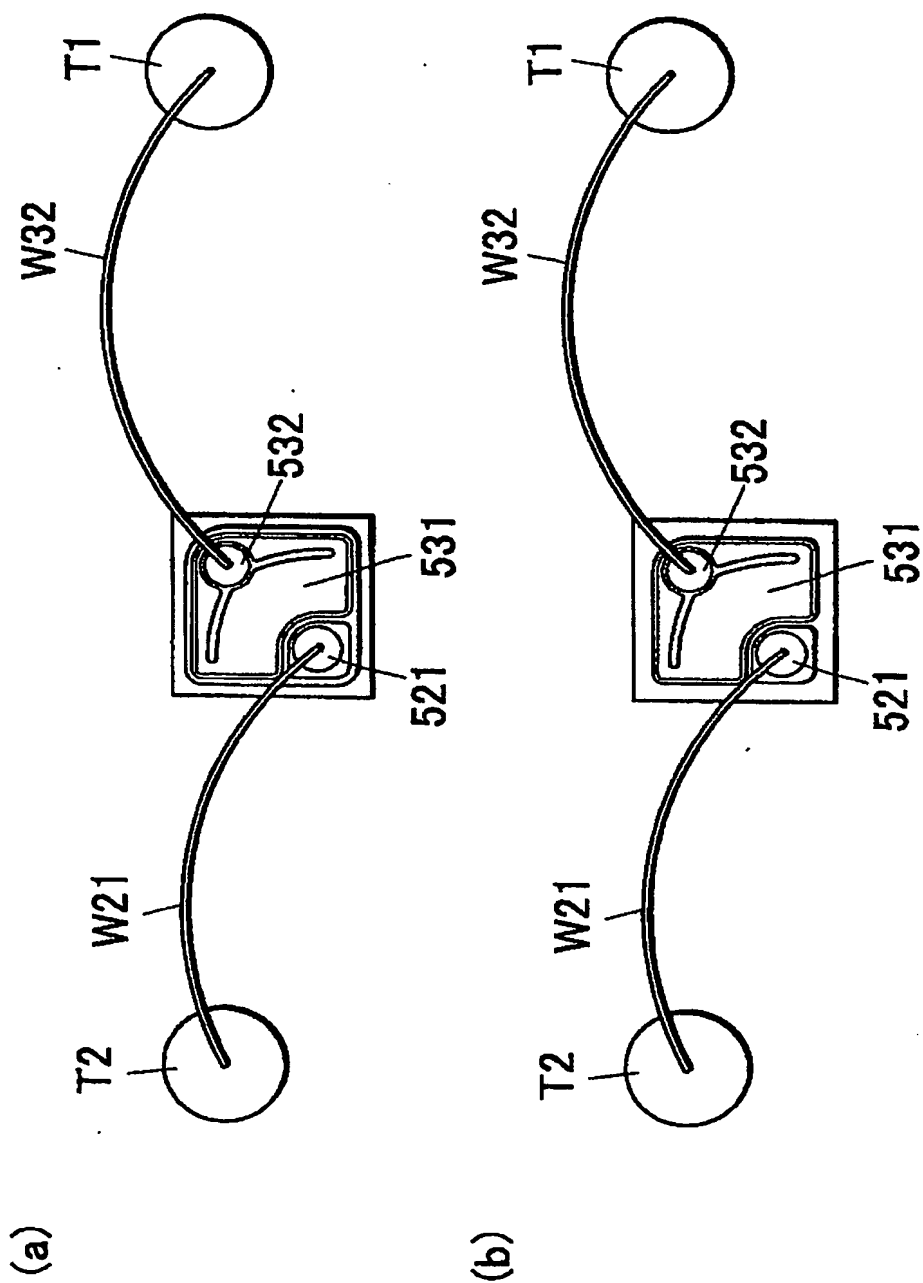
【図27】



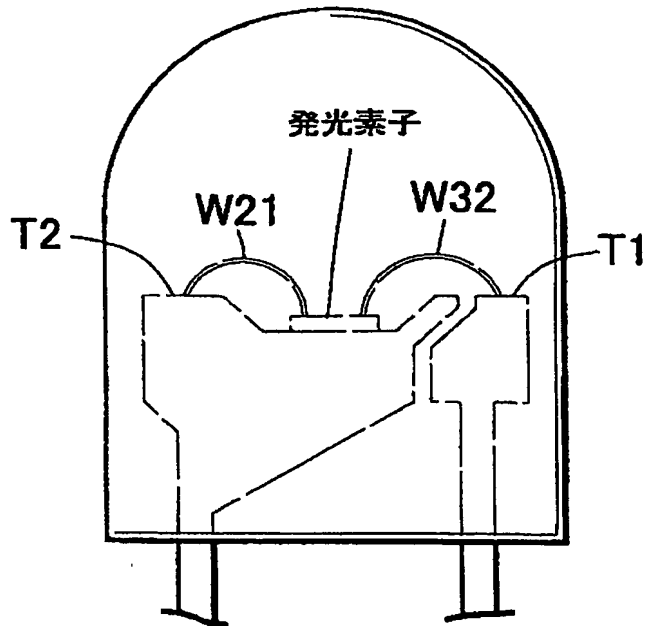
【図 28】



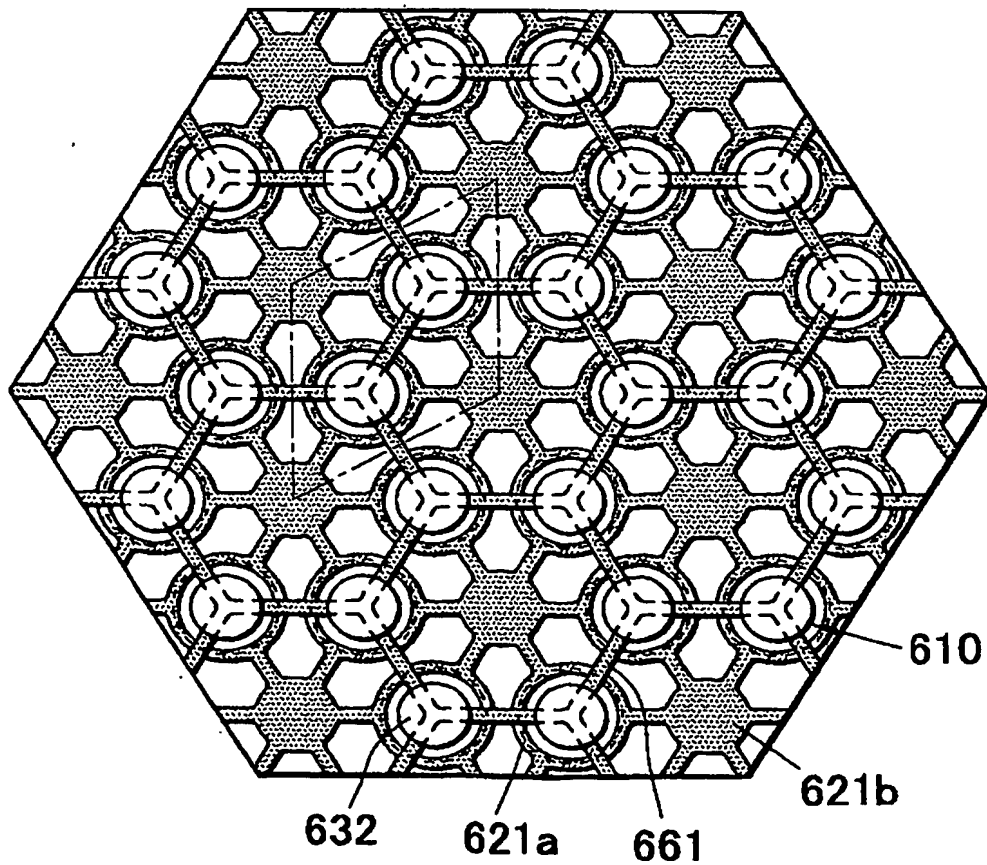
【図 29】



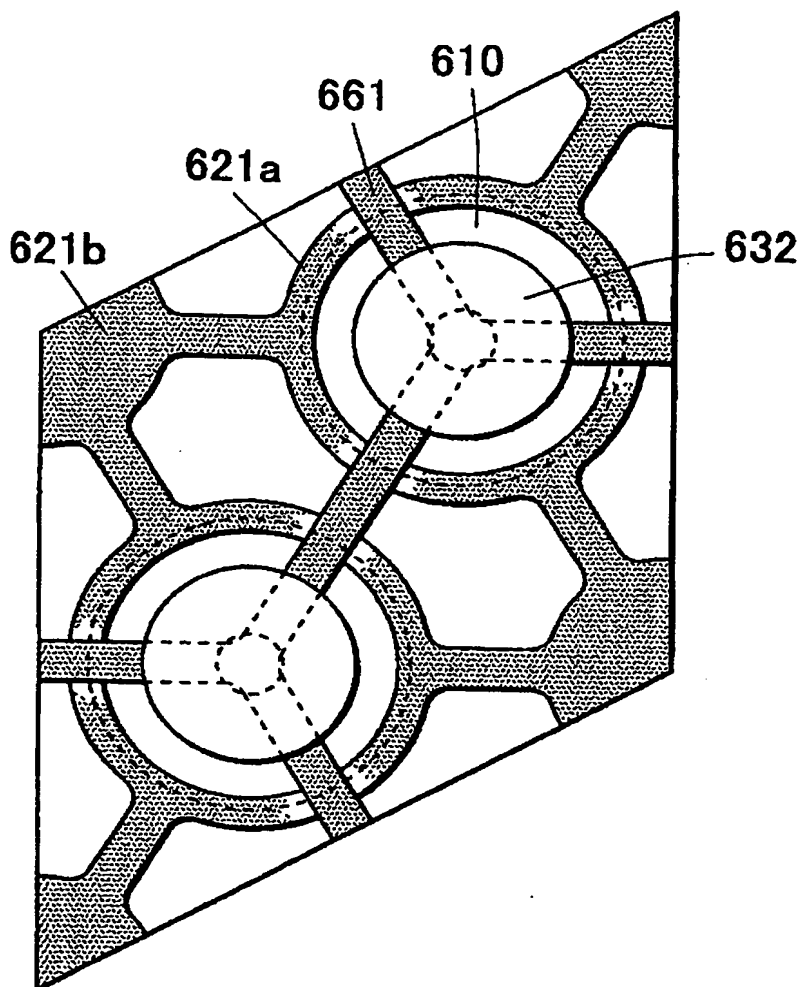
【図 30】



【図 31】



【図 32】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光効率が高くかつ光の出射効率が高い窒化物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 基板上に、n型半導体層、活性層及びp型半導体層が積層されてなる積層部を有し、その積層部で発光する窒化物半導体発光素子において、積層部の側面は、n型半導体層の表面を含む傾斜面であり、そのn型半導体層の表面にn電極が形成されている。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-225043
受付番号	50201142341
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年 8月 7日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000226057
【住所又は居所】	徳島県阿南市上中町岡491番地100
【氏名又は名称】	日亜化学工業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】	100074354
【住所又は居所】	徳島県徳島市金沢1丁目5番9号
【氏名又は名称】	豊栖 康弘

## 【代理人】

【識別番号】	100091465
【住所又は居所】	大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMP ビル 青山特許事務所
【氏名又は名称】	石井 久夫



特願 2002-225043

出願人履歴情報

識別番号

[000226057]

1. 変更年月日

1990年 8月18日

[変更理由]

新規登録

住 所

徳島県阿南市上中町岡491番地100

氏 名

日亜化学工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**